



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VZDUCHOTECHNIKA OBYTNÝCH BUDOV

VENTILATION OF OFFICE CENTER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tereza Medková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PAVEL UHER, Ph.D.

BRNO 2020



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Tereza Medková
Název	Vzduchotechnika obytných budov
Vedoucí práce	Ing. Pavel Uher, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2019
Datum odevzdání	22. 5. 2020

V Brně dne 30. 11. 2019

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

- práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony, vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb

- obsah a uspořádání práce dle směrnice FAST, vlastní text práce s touto osnovou:

A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu

B. Výpočtová část

analýza objektu – rozdělení na funkční celky VZT, 1-2 zařízení zpracovaná v tématech:

tepelné bilance,

průtoky vzduchu, tlakové poměry

distribuce vzduchu,

dimenzování potrubí a tlaková ztráta,

úpravy vzduchu, návrh VZT jednotek (hx diagramy),

útlum hluku

C. Projekt – úroveň prováděcího projektu: výkresy dvoučarově, půdorysy + řezy (řešené místnosti, strojovna) legenda prvků, 1:50 (1:100) – budou uloženy samostatně jako přílohy, technická zpráva (tabulka místností, tabulka zařízení), položková specifikace, funkční (regulační) schéma

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Pavel Uher, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem centrálních vzduchotechnických systémů v administrativní budově. Cílem tohoto návrhu je zajištění optimálního pracovního mikroklimatu v posuzovaných prostorách. Teoretická část je zaměřena na podrobnou specifikaci používaných větracích systémů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vzduchotechnika, přirozené větrání, nucené větrání, hybridní větrání, výměna vzduchu, chlazení, administrativní prostory.

ABSTRACT

The bachelor's thesis deals with the design of central air conditioning systems in an administrative building. The aim of this design is to ensure an optimal working microclimate in the assessed premises. The theoretical part is focused on the detailed specification of the used ventilation systems.

KEYWORDS

Ventilation, natural ventilation, forced ventilation, hybrid ventilation, air exchange, cooling, office space.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Tereza Medková *Vzduchotechnika obytných budov*. Brno, 2020. 71 s., 67 s. příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Pavel Uher, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Vzduchotechnika obytných budov* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 29. 5. 2020

Tereza Medková
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Vzduchotechnika obytných budov* zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 29. 5. 2020

Tereza Medková
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala Ing. Pavlu Uherovi, Ph.D., vedoucímu mé bakalářské práce, za trpělivost a cenné odborné rady. V neposlední řadě děkuji také mé rodině a blízkým za podporu při studiu.

OBSAH

ÚVOD.....	10
1 TEORETICKÁ ČÁST	11
1.1 PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ	12
1.1.1 Infiltrace.....	14
1.1.2 Provětrávání	15
1.1.3 Aerace.....	17
1.1.4 Šachtové větrání.....	20
1.2 NUCENÉ VĚTRÁNÍ.....	23
1.2.1 Členění VZT systémů podle umístění jednotky vzhledem k obsluhované místnosti	24
1.2.1.1 Centrální (ústřední) systém	24
1.2.1.2 Decentrální (lokální) systém	25
1.2.2 Členění VZT systémů podle tlakových poměrů	27
1.2.2.1 Přetlakový systém.....	27
1.2.2.2 Podtlakový systém.....	27
1.2.2.3 Rovnotlaký systém.....	27
1.2.3 Členění VZT systémů podle účelu.....	27
1.2.3.1 Komfortní systémy	27
1.2.3.2 Průmyslové systémy	27
1.2.3.3 Účelové systémy	28
1.2.3.4 Technologické systémy.....	28
1.2.4 Členění VZT systémů podle nároků na úpravy vzduchu.....	28
1.2.4.1 Nucené (teplovzdušné) větrání	28
1.2.4.2 Teplovzdušné vytápění.....	28
1.2.4.3 Klimatizace.....	28
1.3 HYBRIDNÍ VĚTRÁNÍ	30
1.3.1 Střídání přirozeného a nuceného větrání	31
1.3.2 Přirozené větrání asistované ventilátorem.....	31
1.3.3 Nucené větrání podpořené účinkem větru a šachtovým efektem.....	31
2 VÝPOČTOVÁ ČÁST	32
2.1 ANALÝZA OBJEKTU.....	33
2.1.1 Přehled zařízení	33
2.1.2 Návrhové parametry vnějšího vzduchu	34
2.1.3 Návrhové parametry vzduchu v interiéru.....	34
2.2 TEPELNÁ BILANCE.....	34
2.2.1 Tepelně technické vlastnosti konstrukcí	34
2.2.2 Výpočet tepelných ztrát.....	35
2.2.3 Výpočet tepelné zátěže.....	36
2.3 NUCENÉ VĚTRÁNÍ.....	37
2.3.1 Průtoky vzduchu	37
2.3.2 Distribuční elementy.....	38
2.3.3 Dimenzování rozvodů	41
2.3.3.1 Hlavní trasy potrubí.....	41
2.3.3.2 Vedlejší trasy potrubí.....	43
2.4 CHLAZENÍ	45

2.5	NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÝCH A CHLADÍCÍCH ZAŘÍZENÍ.....	46
2.5.1	<i>Zařízení č. 1 – teplovzdušné větrání.....</i>	46
2.5.2	<i>Zařízení č. 2 – teplovzdušné větrání.....</i>	48
2.5.3	<i>Zařízení č. 3 – chlazení.....</i>	51
2.6	ÚTLUM HLUKU	52
2.6.1	<i>Šíření hluku do interiéru.....</i>	52
2.6.1.1	<i>Zařízení č. 1.....</i>	52
2.6.1.2	<i>Zařízení č. 2.....</i>	54
2.6.2	<i>Šíření hluku do exteriéru.....</i>	55
2.6.2.1	<i>Zařízení č. 1.....</i>	55
2.6.2.2	<i>Zařízení č. 2.....</i>	56
2.7	IZOLACE POTRUBÍ.....	57
3	PROJEKT	58
3.1	TECHNICKÁ ZPRÁVA	59
3.1.1	<i>Všeobecné vstupní údaje</i>	59
3.1.2	<i>Koncepce řešení.....</i>	60
3.1.3	<i>Charakteristika a technický popis zařízení.....</i>	61
3.1.3.1	<i>Zařízení č. 1.....</i>	61
3.1.3.2	<i>Zařízení č. 2.....</i>	61
3.1.3.3	<i>Zařízení č. 3.....</i>	62
3.1.4	<i>Požadavky na související profese.....</i>	62
3.1.5	<i>Izolace a nátěry</i>	63
3.1.6	<i>Nároky na energie</i>	64
3.1.7	<i>Protipožární opatření.....</i>	65
3.1.8	<i>Montáž, provoz, obsluha a údržba zařízení.....</i>	65
3.1.9	<i>Závěr technické zprávy</i>	65
3.2	TABULKA MÍSTNOSTÍ.....	66
3.3	TECHNICKÁ SPECIFIKACE	67
	LEGENDA POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	69
	POUŽITÉ ZROJE.....	70
	PŘÍLOHY.....	73

ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá návrhem vzduchotechniky v osmém podlaží jedenáctipodlažní budovy. V tomto podlaží se nacházejí dva oddělené sektory sloužící k administrativním účelům. První sektor najdeme v západní části a je členěn na pět samostatných menších kanceláří, které spojuje chodba v centrální části budovy. Z této chodby je zajištěn přístup do hygienických zařízení. Druhým sektorem je východní část, na které se rozprostírá velkoprostorová kancelář (open space) s přiléhající zasedací místností, kancelář ředitele a hygienickým zázemím. Cílem této práce je navržení dvou vzduchotechnických zařízení a zajištění optimálního pracovního mikroklimatu s dostatečným přívodem čerstvého větracího vzduchu. Pro pokrytí letní tepelné zátěže byly pro některé místnosti stanoveny chladicí výkony a jim odpovídající vnitřní a vnější jednotky VRF systému.

1 TEORETICKÁ ČÁST

Větrací systémy

1.1 Přirozené větrání

Při přirozeném větrání je průtok vzduchu zapříčiněn přirozeným rozdílem tlaku venku a uvnitř větraného prostoru. Tlakový rozdíl vzniká rozdílem hustoty venkovního a vnitřního vzduchu nebo tlakovým účinkem větru. [1]

Vliv působení rozdílu teplot

Rozdílná hustota vzduchu závisí právě na jeho teplotě. Podle zákonů fyziky víme, že teplý vzduch má menší hustotu než studený, a proto stoupá nahoru. Hustotu vzduchu můžeme vypočítat jednoduchým vztahem:

$$\rho = \frac{1,276}{1 + (0,00366 \cdot t)} \quad [kg/m^3] \quad (1)$$

kde: t [°C] teplota vzduchu

Předpokládáme-li tedy, že teplota vzduchu v interiéru bude vyšší než teplota vzduchu v exteriéru ($t_i > t_e$), vyplývá z toho, že hustota vzduchu v interiéru bude nižší než v exteriéru ($\rho_i < \rho_e$). Tím pádem můžeme vyvodit vztah pro výpočet tlakových rozdílů:

$$\Delta p = h \cdot g \cdot (\rho_e - \rho_i) \quad [Pa] \quad (2)$$

kde:	h [m]	výška od neutrální roviny
	g [m/s^2]	tíhové zrychlení
	ρ_e [kg/m^3]	hustota venkovního vzduchu
	ρ_i [kg/m^3]	hustota vnitřního vzduchu

Vliv působení větru

Kinetická energie větru se při působení na překážku přeměňuje na energii tlakovou. V důsledku toho vzniká na návětrné straně přetlak a na závětrné podtlak (viz. obrázek 1). Velikost těchto tlaků závisí především na rychlosti působícího větru a můžeme ji vypočítat z následujícího vztahu:

$$\Delta p = \frac{1}{2} \cdot A \cdot w^2 \cdot \rho_e \quad [Pa] \quad (3)$$

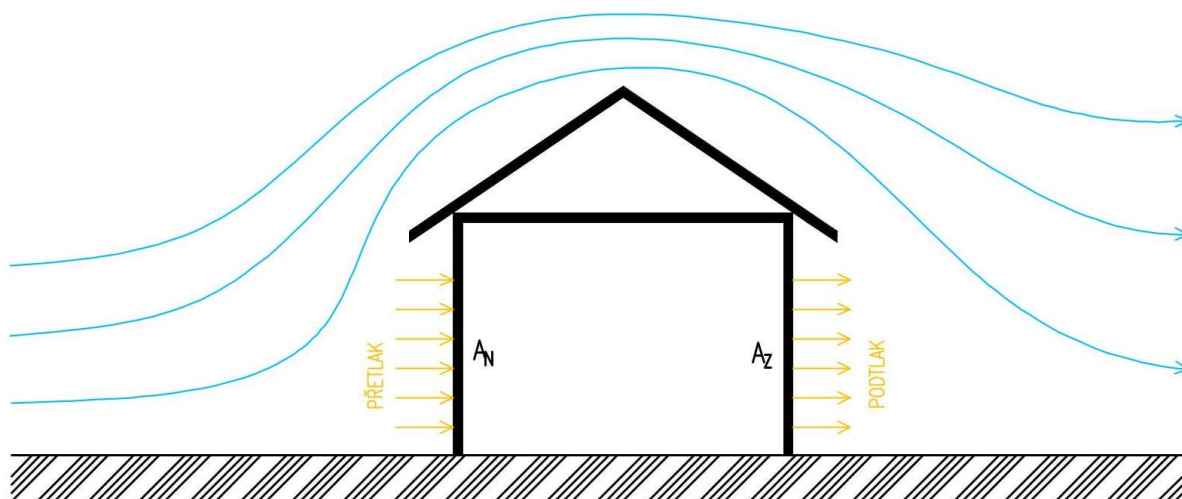
kde:	A [—]	aerodynamický součinitel
	w [m/s^2]	rychlost větru
	ρ_e [kg/m^3]	hustota venkovního vzduchu

Aerodynamický součinitel se skládá ze dvou složek:

$$A = A_N - A_Z \quad (4)$$

kde: $A_N [-]$
 $A_Z [-]$

aerodynamický součinitel návětrné strany, běžně $A_N = 0,6$
aerodynamický součinitel závětrné strany, běžně $A_Z = -0,3$



Obrázek 1: Působení větru na budovu

Největší výhodou přirozeného větrání jsou zejména velmi nízké investiční a provozní náklady. Na druhou stranu však u tohoto typu větrání nelze kontrolovat průtok venkovního vzduchu. Větrání je zcela závislé na klimatických podmínkách v exteriéru, které nemusejí být vždy optimální, a není tedy nikdy zaručena dostatečná výměna vzduchu a rovnoměrné větrání v celém prostoru. Další nevýhodou je také nemožnost filtrace ani žádné jiné úpravy přiváděného vzduchu. To znamená, že ať už je venku $+40\text{ °C}$ nebo -20 °C , musíme si do interiéru přivést vzduch o těchto teplotách, což není příjemné a v konečném výsledku ani finančně výhodné, neboť musíme vynaložit více finančních prostředků na vytápění/chlazení, abychom dosáhli optimálního mikroklimatu v interiéru. [16]

Přirozené větrání se v současnosti nejvíce uplatňuje pro větrání místností s nízkými požadavky na kvalitu vzduchu nebo v provozech s vysokým vývinem tepla. Nevhodné je však do prostor s požadavky na neměnnou kvalitu vzduchu nebo do prostor s vysokou koncentrací osob, jako jsou například kina, divadla nebo nákupní centra.

Rozlišujeme přitom 4 základní druhy přirozeného větrání:

- infiltrace
- provětrávání
- aerace
- šachtové větrání

Tyto druhy jsou podrobněji popsány dále.

1.1.2 Infiltrace

Infiltrací rozumíme výměnu vzduchu v místnosti vlivem netěsnosti stavebních konstrukcí. Vzduch do budovy proudí zejména spárami oken a dveří. Výměna probíhá nejintenzivněji v zimním období, kdy významně zvyšuje tepelné ztráty.

Objemový průtok vzduchu infiltrací spárami oken a dveří můžeme vypočítat z rovnice:

$$V = i \cdot l \cdot \Delta p^n \quad [m^3/s] \quad (5)$$

kde:	$i \quad [m^2 \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-n}]$	součinitel spárové průvzdušnosti
	$l \quad [m]$	délka spár
	$\Delta p = p_t + p_w \quad [Pa]$	rozdíl tlaku vzduchu vyvolaný rozdílem teplot a působením větru
	$n \quad [-]$	průtokový exponent, běžně $n = 0,67$

Dříve bylo přirozené větrání infiltrací považováno za hlavní způsob větrání v objektu. Stavební konstrukce nebyly těsné, proto mohl venkovní vzduch snadněji samovolně proniknout do budovy.

Současným trendem je nízká energetická náročnost budov. Abychom jí dosáhli, je nutné snížit i potřebu energie na vytápění. Snažíme se tedy eliminovat infiltraci spárami oken a dveří, aby se do objektu nedostával studený vzduch. Dalo by se říci, že za roky vývoje přivedli výrobci okna téměř k dokonalosti. Při správné výrobě a montáži je pak množství vzduchu, které se může jejich spárami dostat dovnitř, téměř nulové. Současně se jedná o určité protihlukové opatření před hlukem z exteriéru.

V okamžiku, kdy v budově dojde k výměně oken se zdokonaleným těsněním, však může nastat jiný závažný problém. Kvůli nedostatečné výměně vzduchu dochází ke snížení odvodu vlhkosti z místnosti, což v zimním období často vede ke kondenzaci vodních par na vnitřním povrchu obvodových konstrukcí, k jejich navlhání a následné tvorbě plísní. [16] Nejen že se v takovém případě plísní těžko zbavuje, ale často nám můžou způsobit velmi vážné zdravotní problémy. Nejčastěji se jedná o alergické reakce, ale dochází také k projevům respiračních onemocnění, zápalu plic, onemocnění horních cest dýchacích, rozvoji astmatu, bolestem hlavy, únavě a dalším. Některé studie prokázaly, že určité druhy plísní můžou být toxické nebo dokonce karcinogenní.



Obrázek 2: Ukázka růstu plísně v nedostatečně větraném objektu [20]

Velká část výrobců si naštěstí již začala uvědomovat závažnost této situace. Většina oken je nyní vybavena funkcí mikroventilace (tzv. čtvrtou polohou okna), ale na trhu jsou k dostání i okna s větracími štěrbinami opatřenými protihlukovými tlumiči i filtry vzduchu, nadokenní větrací kanály, systémy otvorů propojující některé komory rámu a křídla a mnoho dalších variant. [16]

1.1.3 Provětrávání

Provětrávání je způsob větrání otevíráním oken. Většinou probíhá přerušovaně, takže větráme pouze určitou dobu. Je však velmi závislé na teplotních podmínkách v exteriéru.

V zimě se z pohledu energetiky doporučuje větrat častěji, krátce a intenzivně. Nejlepším způsobem je na chvíli otevřít okna dokořán. Vydýchaný vzduch se tak stačí vyměnit za čerstvý a přitom nevychládnou okolní stavební konstrukce. Ty nám potom vrací naakumulované teplo zpět do místnosti. Často uživatelé dělají zásadní chybu a větrají po velkou část dne vyklopeným oknem. Toto nám však nezajistí potřebnou výměnu vzduchu v místnosti a zároveň si tím vyháníme teplo z interiéru, takže i více protopíme.

S rostoucí teplotou v exteriéru je možné dobu větrání prodlužovat a v letním období můžeme větrat i průběžně. Intenzivního krátkodobého větrání v létě využíváme především v noci k odvodu tepelné zátěže. Dosáhneme tím totiž většího průtoku vzduchu než nuceným větráním, které je navrženo na minimální přívod venkovního vzduchu. [16]

Mnoho uživatelů se mylně domnívá, že když mají klimatizaci, nemusejí větrat. Opak je ale pravdou. Běžná klimatizační jednotka pracuje s cirkulačním vzduchem a nepřivádí žádný vzduch z exteriéru. Pokud je tedy dům vybaven klimatizací, je vhodné jednotku vypnout, intenzivně vyvětrat a zase zapnout. Z energetického hlediska však při použití klimatizace není provětrávání vhodným způsobem výměny vzduchu. Lepší je použití vzduchotechnických zařízení.

Objemový průtok vzduchu okenním křídlem se stanoví z rovnice:

$$\dot{V}_p = \frac{2 \cdot \mu \cdot a}{3 \cdot \rho_s} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot b^3 \cdot \rho_e \cdot \rho_i \cdot (\rho_e - \rho_i)}{(\rho_e^{0,33} - \rho_i^{0,33})^3}} \quad [m^3/s] \quad (6)$$

kde:	μ [–]	výtokový součinitel závislý na úhlu otevření okna
	a [m]	šířka okna
	b [m]	výška okna
	ρ_s [kg/m ³]	střední hustota vzduchu
	ρ_e [kg/m ³]	hustota venkovního vzduchu
	ρ_i [kg/m ³]	hustota vnitřního vzduchu
	g [m/s ²]	tíhové zrychlení

Tabulka 1: Závislost výtokového součinitele na úhlu otevření okna

α	15°	30°	45°	60°	90°
μ	0,25	0,42	0,52	0,57	0,67

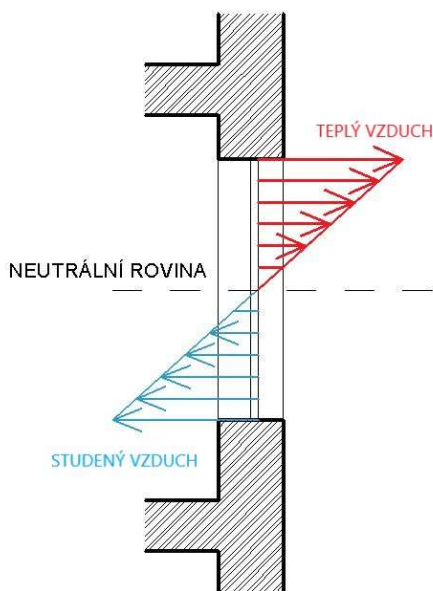
Množství přiváděného vzduchu pak vypočteme z následujícího vztahu, neboť větrání probíhá pouze omezenou dobu.

$$V_p = \dot{V}_p \cdot \tau \quad [m^3] \quad (7)$$

kde:	τ [s]	doba větrání
------	------------	--------------

Jednostranné větrání

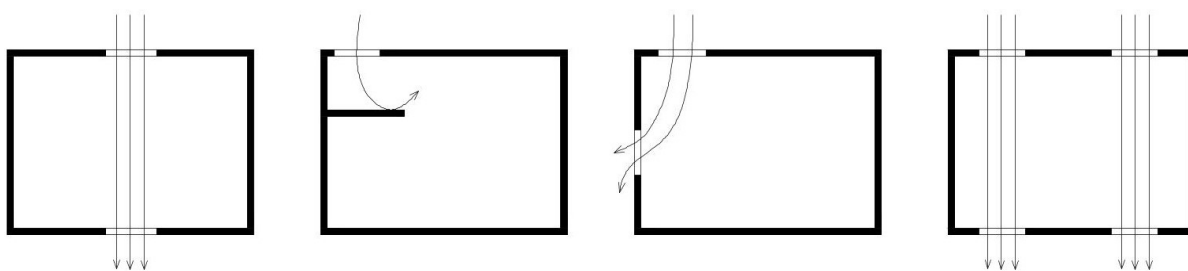
Při jednostranném větrání slouží jediné okno pro přívod i odvod vzduchu. Toto je účinné v zimním období, kdy spodní částí okna proudí dovnitř studený čerstvý vzduch z exteriéru a horní částí proudí ven teplý vzduch z interiéru.



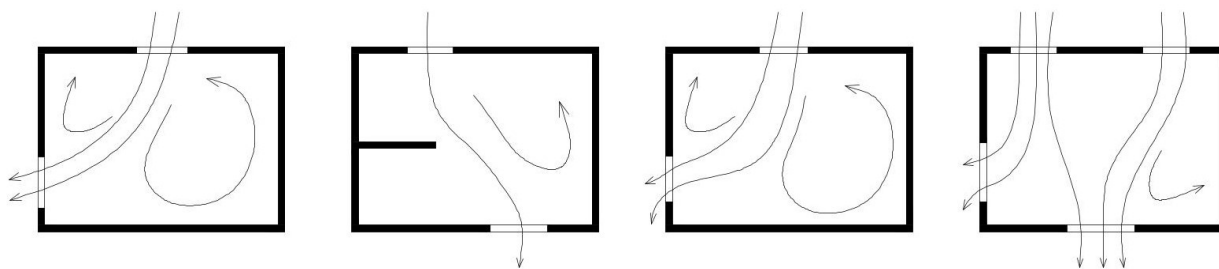
Obrázek 3: Proudění vzduchu při jednostranném větrání [21]

Příčné větrání

Příčné větrání je zajištěno minimálně dvěma okny v protilehlých stěnách. Tento typ větrání je nejúčinnější. Proudění vzduchu budovou je závislé na dispozičním řešení, především na umístění oken ve větrané místnosti. [1]



Obrázek 4: Příklady nesprávného umístění oken v závislosti na proudění vzduchu v místnosti

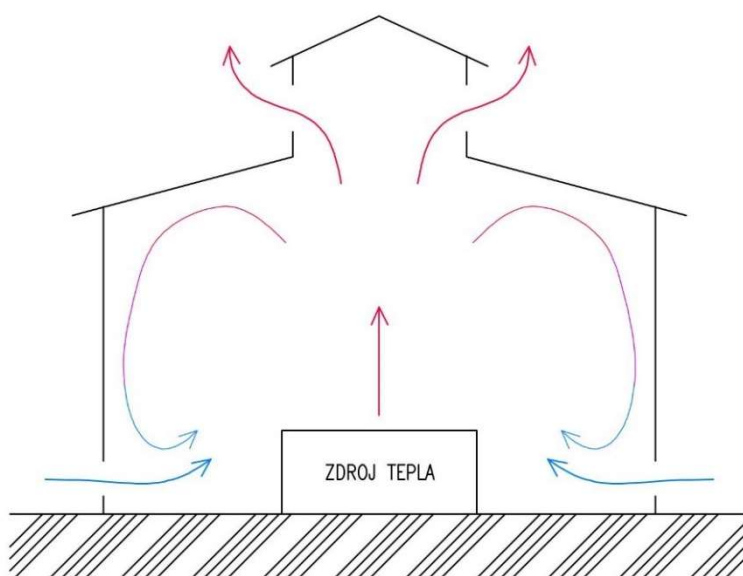


Obrázek 5: Příklady správného umístění oken v závislosti na proudění vzduchu v místnosti

Největší nevýhodou provětrávání je absolutní závislost na chování uživatele. Pokud uživatel nebude zodpovědně větrat, nikdy nebude zaručena požadovaná výměna a kvalita vzduchu v místnosti. V současnosti se na tepelnou pohodu a kvalitu vzduchu v interiéru kladou vysoké nároky, proto je ve většině obytných prostor provětrávání klasifikováno jako nevyhovující způsob větrání a výměny vzduchu a je tudíž nahrazeno větráním nuceným s použitím vzduchotechnických zařízení.

1.1.4 Aerace

Jedná se o druh větrání regulovatelnými otvory umístěnými v místnosti nad sebou. Aerace se využívá především ve výrobních a průmyslových halách s velkým vývinem tepla (větším než 25 W/m^3). Teplý vzduch produkovaný činností v hale stoupá nahoru, kde je částečně odváděn otvorem v horní části stěny či ve střeše, a částečně cirkuluje v hale tak, že se pod střešou otočí, klesá okolo stěn a zároveň se tím ochlazuje. Dole se mísí s čerstvým studeným vzduchem, který je do haly přiváděn otvorem v dolní části stěny. [1]



Obrázek 6: Princip aerace v halových objektech

Rozdíl teplot přiváděného a odváděného vzduchu by podle hygienických předpisů neměl překročit 5°C . Ke stanovení teploty odváděného vzduchu nám pomůže teplotní součinitel B :

$$B = \frac{t_{po} - t_e}{t_o - t_e} < 1 \quad (8)$$

kde:	$t_{po} [^\circ\text{C}]$	teplota vzduchu v pracovní oblasti
	$t_e [^\circ\text{C}]$	teplota přiváděného vzduchu z exteriéru
	$t_o [^\circ\text{C}]$	teplota odváděného vzduchu

Hodnota součinitele B závisí na typu provozu a je dána tabulkami. Dle vypočítaných teplot pak můžeme stanovit množství cirkulačního vzduchu.

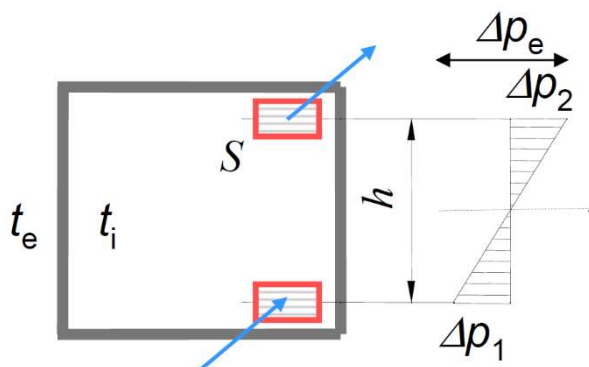
Vlivem různých teplot v interiéru a exteriéru se liší také hustoty vzduchu v těchto prostředích. To vyvolá rozdíl tlaku:

$$\Delta p = h \cdot g \cdot (\rho_e - \rho_i) \quad [Pa] \quad (9)$$

kde:	h [m]	převýšení větracích otvorů
	g [m/s^2]	tíhové zrychlení
	ρ_e [kg/m^3]	hustota venkovního vzduchu
	ρ_i [kg/m^3]	hustota vnitřního vzduchu

Tento rozdíl lze dále rozdělit do dvou složek:

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 \quad (10)$$



Obrázek 7: Rozdíl tlaků a jeho složky [1]

Hmotnostní průtok vzduchu pro aeraci je pak dán rovnicí větrací rovnováhy:

$$m = S_1 \cdot \mu_1 \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_e \cdot \Delta p_1} = S_2 \cdot \mu_2 \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_i \cdot \Delta p_2} \quad [kg/s] \quad (11)$$

kde:	S_1, S_2 [m^2]	průřezová plocha přívaděcího a odváděcího otvoru
	ρ_e [kg/m^3]	hustota venkovního vzduchu
	ρ_i [kg/m^3]	hustota vnitřního vzduchu
	μ_1, μ_2 [–]	výtokový součinitel pro přívádění a odvádění vzduch
	$\Delta p_1, \Delta p_2$ [Pa]	účinný tlak v přívaděcím a odváděcím otvoru

Pokud bude přívaděcí a odváděcí otvor stejně velký, lze tuto rovnici zjednodušit na tvar:

$$m = S \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_e \cdot \rho_i \cdot \frac{h \cdot g \cdot (\rho_e - \rho_i)}{\rho_e + \rho_i}} \quad [kg/s] \quad (12)$$

kde:	S [m^2]	průřezová plocha přívaděcího a odváděcího otvoru
	μ [–]	výtokový součinitel (obvykle 0,6 - 0,7)
	ρ_e [kg/m^3]	hustota venkovního vzduchu
	ρ_i [kg/m^3]	hustota vnitřního vzduchu
	h [m]	převýšení otvorů
	g [m/s^2]	tíhové zrychlení

Výsledný hmotnostní průtok pak můžeme převést na objemový:

$$V = \frac{m \cdot 3600}{\rho_i} \quad [m^3/h] \quad (13)$$

A z něj lze následně vypočítat výměnu vzduchu, které bylo dosaženo za hodinu větrání:

$$n = \frac{V}{O} \quad (14)$$

kde:	O [m^3]	objem místnosti
------	---------------	-----------------

Pro aeraci využíváme například otevíravých střešních oken, otevíravých oken těsně pod střechou nebo otevíravých světlíků.



Obrázek 8: Příklad aeračního světlíku [18]

1.1.5 Šachtové větrání

V tomto případě se jedná o přirozený přívod a odvod vzduchu z místnosti pomocí svislých větracích průduchů – šachet. [1] Šachta obvykle prochází celou výškou budovy a vyúsťuje na střeše. Vlivem výškového rozdílu sacího a výtlačného otvoru a rozdílných hustot vzduchu v interiéru a exteriéru vznikne tlakový rozdíl Δp . Tento tlakový rozdíl nazýváme účinným tahem šachty a vypočteme ho podle následujícího vztahu:

$$\Delta p = h \cdot g \cdot (\rho_e - \rho_i) \quad [Pa] \quad (15)$$

kde:	h [m]	výška šachty
	g [m/s^2]	tíhové zrychlení
	ρ_e [kg/m^3]	hustota venkovního vzduchu
	ρ_i [kg/m^3]	hustota vnitřního vzduchu

Při proudění vzduchu šachtou se tento tlak spotřebuje k překonání hydraulických ztrát.

Aby byla zajištěna správná funkce šachtového větrání, musí účinný tah šachty pokrýt tlakové ztráty způsobené třením proudícího vzduchu a vřazenými odpory. Níže je uveden vztah pro výpočet tlakových ztrát.

$$\Delta p = \left(1 + \sum \lambda \cdot \frac{h}{d} + \sum \xi\right) \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad [Pa] \quad (16)$$

kde:	λ [—]	součinitel tření
	h [m]	výška šachty
	d [m]	průměr šachty; u nekuhových otvorů $d = \frac{4 \cdot plocha}{obvod}$
	ξ [—]	ztrátový součinitel
	w [m/s^2]	rychlost proudění vzduchu v šachtě
	ρ [kg/m^3]	hustota vzduchu

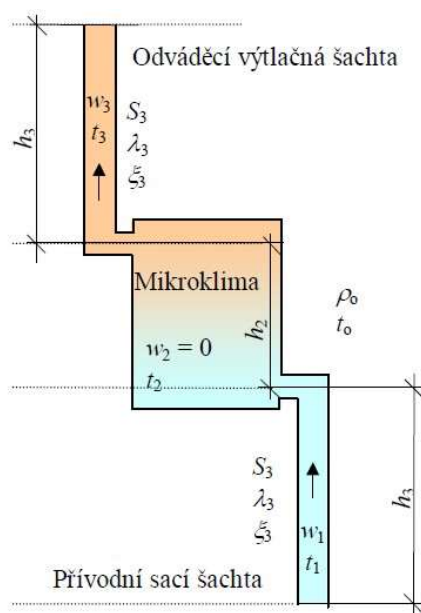
Rychlost proudění vzduchu šachtou lze vypočítat ze vztahu:

$$w = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho \cdot \left(1 + \lambda \cdot \frac{h}{d} + \sum \xi\right)}} \quad [m/s^2] \quad (17)$$

Objemový průtok vzduchu v šachtě pak vypočteme v závislosti na velikosti průřezu šachty:

$$V = w \cdot S \quad (18)$$

kde:	S [m^2]	průřezová plocha šachty
------	---------------	-------------------------



Obrázek 9: Schéma šachtového větrání [1]

Účinek šachtového větrání lze podpořit koncovými elementy umístěnými na vrchol odváděcí výtlačné šachty, tedy na střechu. Tyto komponenty pracují na principu využití síly větru a slunce. [1] Níže jsou popsány některé z nich.

Samotahová hlavice

Tento koncový prvek využívá vítr ke zvětšení podtlaku v odváděcí šachtě a zvyšuje tím rychlost proudění odpadního vzduchu ven. Pokud nastane bezvětří, má hlavice zanedbatelný výkon a lze uvažovat pouze vliv termodynamického vztlaku. Využívá se k přirozenému větrání místností, kde vzniká při provozu velký výkon tepla.



Obrázek 10: Samotahová hlavice [22]

Ventilační turbína

Turbína obsahuje rotační hlavici s ložisky a speciálně tvarovanými lopatkami, která vytváří podtlak a trvale odsává vzduch z prostoru vlivem termodynamického vztlaku. Tento efekt může být podpořen účinkem větru, který turbínu roztáčí rychleji a tím pádem i zvyšuje rychlost proudícího vzduchu z interiéru. Turbíny se používají především k větrání bytových domů. Průtok vzduchu je regulován na straně interiéru uzavíratelnými mřížkami.

Větrací šachta může být také osazena malými axiálními ventilátory v bytě, zde už se však nejedná o přirozené větrání.



Obrázek 11: Ventilační turbína [23]

Gravitační větrací komínek

Gravitační komínek rovněž umožňuje využití větrné energie ke zvýšení podtlaku v odtahové šachtě. Využívá se nejen k odvětrávání budov, ale také například k odvětrání kanalizačního potrubí. Stejně jako dvě předešlé varianty zabraňuje vnikání povětrnostních srážek do svislého potrubí.



Obrázek 12: Větrací gravitační komínek [24]

Solární komín

Solární komín řadíme do alternativních způsobů přirozeného větrání a největší využití má v letních měsících. Jedná se v podstatě o svislou šachtu vystupující nad střechu objektu. Tvoří jej dvě hlavní části – transparentní díl a absorbér. Teplo naakumulované v absorbéru se přenáší konvekcí do okolního vzduchu v komíně, vzduch se ohřívá, stává se lehčím a stoupá vzhůru. Tím se vytváří přirozený pohyb vzduchu a vzduch se odsává pryč z interiéru. [17]



Obrázek 13: Solární komín [17]

1.2 Nucené větrání

U nuceného větrání je pohyb vzduchu zapříčiněn mechanickým účinkem ventilátorů, který je většinou umístěn ve vzduchotechnické jednotce. Ventilátory mají zpravidla elektromotorový pohon – je tedy zřejmé, že při provozu se spotřebovává elektrická energie. Pořizovací i provozní náklady jsou tedy sice znatelně vyšší, ale zato mají systémy nuceného větrání spoustu výhod. Výměna vzduchu v místnosti není absolutně závislá na klimatických podmínkách v exteriéru a mimo to lze použitím dalších komponentů přiváděný vzduch upravovat dle požadavků na vnitřní prostředí. Takovými úpravami může být například ohřívání, chlazení, filtrace nebo zvlhčování. Dále je také možné využití zpětného získávání tepla z odpadního vzduchu. [2]

Systémy nuceného větrání se používají zejména v prostorách s vyššími nároky na kvalitu vzduchu nebo s jinými specifickými požadavky. Pro představu je níže uvedeno několik konkrétních příkladů:

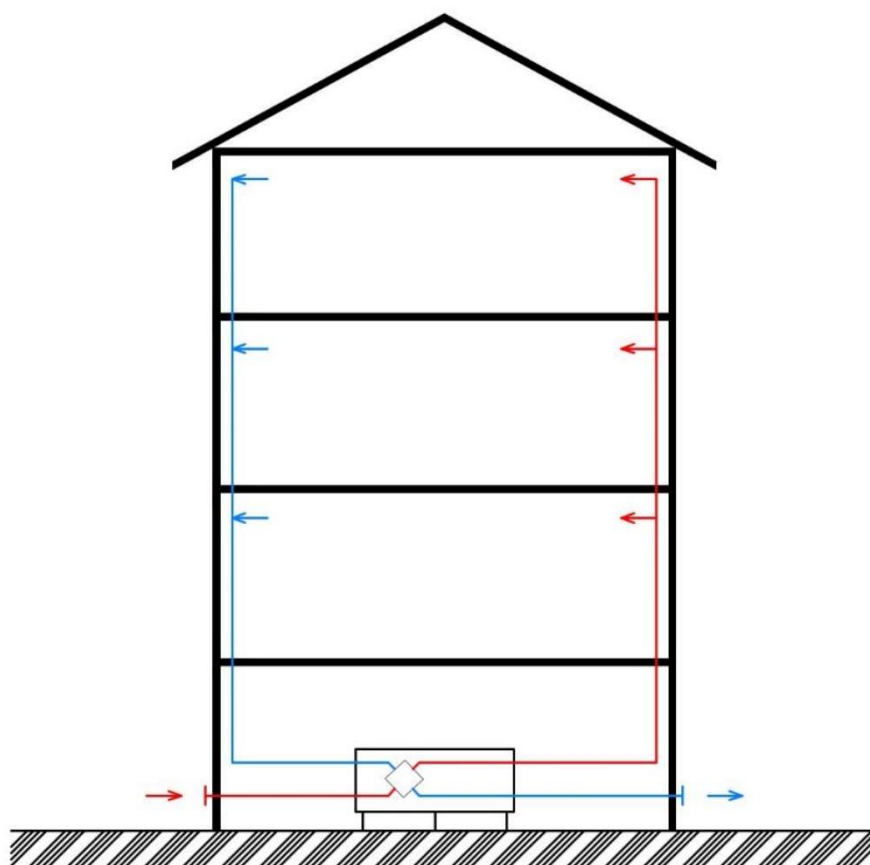
- Nemocnice a operační sály – zde je kladen velký důraz na kvalitu z hygienického hlediska.
- Prostory s velkou koncentrací lidí (kina, divadla, nákupní centra, školy..), kde by přirozené větrání nebylo schopné zajistit požadovanou výměnu vzduchu na osobu.
- Kanceláře, ve kterých potřebujeme zajistit ideální klima a dostatečný přísun okysličeného vzduchu k podpoře mozkové aktivity.
- Bazény a wellness centra, kde je velká vlhkost, kterou potřebujeme eliminovat.
- Velkokuchyně a jídelny – zde potřebujeme pokrýt velkou tepelnou a vlhkostní zátěž z vnitřních zdrojů a současně eliminovat oděry z přípravy jídel.
- Hygienická zařízení, kde chceme zabránit šíření zápachů do okolních prostor.

Systémy nuceného větrání můžeme členit dle různých kritérií a požadavků. V následujících kapitolách se jednotlivými skupinami budeme podrobněji zabývat. [2]

1.2.1 Členění VZT systémů podle umístění jednotky vzhledem k obsluhované místnosti

1.2.1.1 Centrální (ústřední) systém

Centrální systém tvoří hlavní vzduchotechnická jednotka, ze které je vzduch dopravován vzduchotechnickým potrubím do celé budovy nebo do její části – obsluhuje tedy více místností. Jednotka může být umístěna na střeše nebo ve strojovně vzduchotechniky.

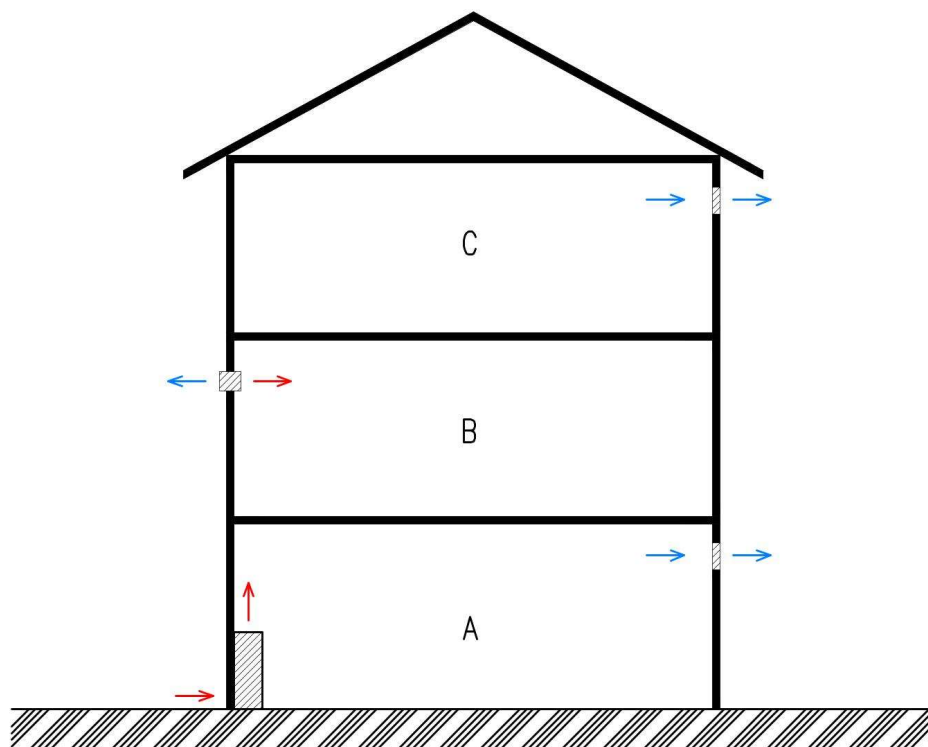


Obrázek 14: Schéma centrálního VZT systému
červená – přívod; modrá – odvod

Tento systém je vhodný všude tam, kde jsou ve více místnostech kladeny stejné nároky na mikroklimatické podmínky. Takovým příkladem je třeba právě několik menších kanceláří, které jsem řešila ve výpočtové části této bakalářské práce. Centrální jednotky mají samozřejmě daleko větší výkon než decentrální, proto jsou vhodné také například do rozlehlých prostor nebo celých komplexů.

1.2.1.2 Decentrální (lokální) systém

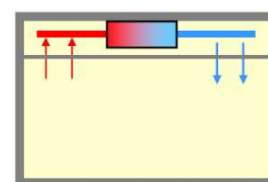
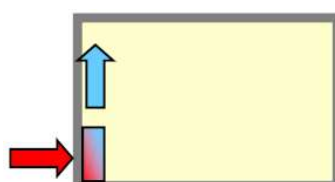
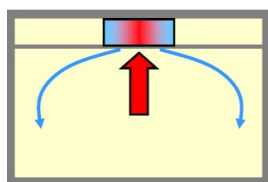
V tomto případě se jedná o jednotku, která obsluhuje právě jednu místnost. Variant může být několik, vysvětleny jsou v textu níže a jejich schématické naznačení vidíme na obrázku 15. [1]



Obrázek 15: Schéma decentrálního VZT systému
červená – přívod; modrá – odvod

A) Jednotka typu fancoil:

Tato jednotka pracuje zejména s oběhovým vzduchem, ale může přivádět i vzduch z exteriéru. Je umístěna přímo v obsluhované místnosti a může být v několika provedeních – podstropní, parapetní nebo potrubní. Jednotka nabízí možnost ohřevu i chlazení vzduchu. Pracuje na principu ventilátorového konvektoru, kdy přes teplosměnnou plochu proudí vzduch poháněný ventilátorem. Většinou se používá v kombinaci s odvodním ventilátorem, abychom zajistili rovnotlaké podmínky v interiéru (viz dále).



Obrázek 16: podstropní provedení **Obrázek 17:** parapetní provedení **Obrázek 18:** potrubní provedení

pozn.: obrázek 16, 17, 18: [1]

- B) V tomto případě se jedná o malou decentrální rekuperační jednotku, která se montuje přímo do otvoru v obvodové zdi v obsluhované místnosti. Je vybavena čidlem CO_2 a čidlem vlhkosti. Jakmile vzduch v místnosti překročí dané hodnoty, jednotka se sama aktivuje a znovu přivede do objektu čerstvý vzduch. Součástí jednotky jsou samozřejmě i vzduchové filtry. Nedosahuje sice takových výkonů, jako jednotky centrální, ale bývá zpravidla finančně dostupnější a není třeba instalovat žádná vzduchotechnická potrubí vedená celým domem. [25]



Obrázek 19: Decentrální rekuperační mini jednotka [25]

- C) Nejjednodušším způsobem odvodu znehodnoceného vzduchu z místnosti je použití samostatného ventilátoru umístěného do obvodové zdi nebo do stropu. Tohoto se využívá zejména v rodinných domech a bytech při větrání koupelen a toalet., ale stejnou funkci plní i digestoř v kuchyni. Odsáváním vzduchu vzniká v místnosti podtlak a tím pádem se pachy a oděry nešíří do okolních prostor.

Musíme si však uvědomit i jistá rizika tohoto systému. Pokud v budově využíváme zařízení, která spalují palivo, spotřebovávají současně i vzduch z místnosti. Takovým zařízením je například plynový kotel typu B nebo krb. Jestliže při jeho provozu zapneme zároveň například odsavač par, může dojít k obrácení tahu komína. Kotel si v důsledku nedostatku kyslíku v interiéru začne přisávat vzduch z exteriéru spalínovým potrubím a spaliny se budou hromadit ve vnitřním prostředí. Ty obsahují velmi nebezpečný oxid uhelnatý, který i v malých koncentracích zapříčiňuje silnou otravu a často i smrt. Největší úskalí tohoto plynu spočívá v tom, že je bez barvy, bez zápachu a nijak nedráždí. Je tedy velmi těžké jej ve vzduchu rozpoznat.



Obrázek 20: Koupelnový ventilátor [26]

1.2.2 Členění VZT systémů podle tlakových poměrů

1.2.2.1 Přetlakový systém

Hovoříme-li o přetlakovém větrání, máme tím na mysli systém, ve kterém je více vzduchu přiváděno než odváděno ($V_p > V_o$). Největší využití má tento systém tam, kde potřebujeme zabránit průniku znehodnoceného vzduchu z okolních prostor, tedy například v hygienicky čistých prostorech jako jsou operační sály. K vyrovnání tlakového rozdílu pak mohou sloužit otvory v okolních konstrukcích.

1.2.2.2 Podtlakový systém

V podtlakovém systému je naopak odváděno více vzduchu než přiváděno ($V_p < V_o$). Důvodem je zabránění šíření pachů, odérů a škodlivin do okolních prostor. S tímto typem větrání se nejčastěji setkáváme v koupelnách a ostatních hygienických zařízeních, ale třeba také v chemických laboratořích nebo velkokuchyních. Vzduchový deficit můžeme opět regulovat otvory v konstrukcích, například stěnovými a dveřními mřížkami.

1.2.2.3 Rovnotlaký systém

Rovnotlaké větrání je nejpoužívanějším systémem a nastává, pokud je množství přiváděného a odváděného vzduchu v rovnováze ($V_p = V_o$). Používá se ve všech ostatních prostorech, které nejsou specifikovány v předchozích dvou bodech.

1.2.3 Členění VZT systémů podle účelu

1.2.3.1 Komfortní systémy

Tento systém slouží převážně k větrání prostor, kde se vyskytují lidé. Člověk je v tomto případě hlavním zdrojem znečištění vzduchu. Větrání je zpravidla navrženo tak, aby pokrylo minimální doporučené dávky vzduchu na osobu a zajistilo optimální teplotně-vlhkostní mikroklima. Používá se v rodinných domech, v kancelářích, divadlech, kinech a jiných společenských nebo sportovních zařízeních.

1.2.3.2 Průmyslové systémy

Jak již název napovídá, tento typ větrání se uplatňuje v průmyslu – tedy ve výrobních prostorech, kde se vyskytují lidé. Zařízení pak slouží jak pro přívod čerstvého vzduchu pro pracovníky, tak pro pokrytí vnitřní tepelné zátěže produkované stroji či výrobními procesy.

1.2.3.3 Účelové systémy

Účelové větrání je velmi specifické a řadíme do něj i některá speciální zařízení, jako jsou například vzduchové clony, vzduchové oázy nebo vzduchové sprchy. Dále do této skupiny náleží havarijní a požární větrání.

1.2.3.4 Technologické systémy

U těchto systémů nejde tolik o větrání, nýbrž o zajištění chodu výrobního procesu. Může se jednat například o pneumatickou dopravu materiálu, technologické odlučování, přisávání obráběného či transportovaného materiálu za účelem přidržení, udržení čerstvosti potravin, sušení a tak dále. Vzduchotechnika má v průmyslovém odvětví mnoho využití a dalo by se říci, že některé procesy jsou v dnešní době bez použití těchto zařízení takřka nerealizovatelné.

1.2.4 Členění VZT systémů podle nároků na úpravy vzduchu

1.2.4.1 Nucené (teplovzdušné) větrání

Teplovzdušným větráním rozumíme nucenou výměnu znehodnoceného vzduchu v místnosti za čerstvý, kdy do interiéru přivádíme vzduch o teplotě interiéru. Tento typ větrání není schopen pokrýt tepelné ztráty v zimě, proto musí být objekt vybaven samostatnou otopnou soustavou. Vzduchotechnická jednotka je vybavena filtrací, výměníkem pro zpětné získávání tepla a ohříváčem a chladičem vzduchu. Tento systém větrání nám pomáhá eliminovat tepelné ztráty přirozeným větráním okny v zimním období.

1.2.4.2 Teplovzdušné vytápění

Jedná se v podstatě o stejný systém jako u teplovzdušného větrání, ale s rozdílem, že teplovzdušné vytápění v zimě zcela pokrývá tepelné ztráty a v objektu tak nemusí být instalována žádná další otopná soustava. Liší se také tím, že v zimním období přivádíme do interiéru vzduch o vyšší teplotě než je teplota v interiéru.

1.2.4.3 Klimatizace

Systém klimatizace slouží k zajištění požadované čistoty, teploty a vlhkosti vzduchu v místnosti. Pokud budeme přivodní vzduch zvlhčovat, jedná se o klimatizaci dílčí. Kdybychom chtěli rovněž řízeně odvlhčovat, půjde potom o klimatizaci plnou, která nám tedy zajišťuje 4 termodynamické úpravy vzduchu – ohřev, chlazení, vlhčení a odvlhčování. Klimatizační systémy se navrhují primárně na pokrytí letní tepelné zátěže. Variant těchto systémů je hned několik, objasněny jsou níže.

Vzduchové systémy klimatizace

V těchto systémech je vzduch využíván jako teponosná látka pro odvod tepla z místnosti. Kvůli jeho malé tepelné kapacitě je však v těchto systémech nutno navrhovat větší průtoky vzduchu. S tím úzce souvisí i velikost potrubí, které v některých případech může dosahovat přímo gigantických rozměrů a jeho výroba a montáž je velmi pracná a samozřejmě prostorově náročná. Rovněž se tento systém neobejde bez zdroje studené chladicí vody nebo přímého výparníku a zdroje chladu.

Distribuční prvky v interiéru pak navrhujeme podle požadovaného množství přiváděného vzduchu, směru proudění vzduchu a v neposlední řadě z hlediska vizuálního. Můžou jimi být talířové ventily, štěrbinové výústky, anemostaty, vířivé výústky, dýzy a další.

Vzduchotechnické jednotky mohou mít různý tvar a různou velikost – od jednotek, které se vlezou do skříně, až po velikost menší haly. Na obrázku níže je ilustrativní příklad VZT jednotky od firmy REMAK.



Obrázek 21: Vzduchotechnická jednotka [27]

Vodní systémy klimatizace

Úprava vzduchu probíhá v jednotce, která je umístěna přímo v obsluhované místnosti. Teponosnou látkou je v tomto případě voda. Jedná se o systém nepřímého chlazení, kdy vodu ochlazujeme chladivem v uzavřeném cyklu a již ochlazená voda potom vstupuje dále do objektu. Výhodná je možnost regulace teploty v každé obsluhované místnosti zvlášť.

Vnitřní jednotkou je zpravidla fancoil v podstropním, nástěnném, parapetním nebo potrubním provedení (viz kapitola 1.2.1.2 Decentrální systém). Nevýhodou je, že fancoil obsahuje ventilátor a tudíž se stává dalším zdrojem hluku v obsluhované místnosti. Také musíme zajistit odvod kondenzátu.



Obrázek 22: Fancoil v nástěnném provedení [28]

Kombinované systémy klimatizace (vzduch-voda)

Do této kategorie řadíme především indukční jednotky. Jejich velkou výhodou je, že jsou při chodu téměř neslyšitelné, protože nemají ventilátor. Naopak oproti fancoilům mají podstatně nižší chladicí výkon, ke svému chodu a správné funkci potřebují přívod primárního vzduchu a neumožňují mokré chlazení. Tím pádem ale nepotřebují ani odvod kondenzátu.



Obrázek 23: Indukční jednotka [29]

Chladivové systémy klimatizace

V tomto případě je teplonosnou látkou chladivo – jde tedy o systém přímého chlazení, kdy je chladivo distribuováno do celého objektu. Regulace teploty a vlhkosti probíhá v každé místnosti samostatně. Venkovní jednotka je s vnitřními propojena chladivovým potrubím a jejich počet závisí na konkrétním systému:

- | | |
|---------------------|---|
| • SPLIT systém | max. 4 vnitřní jednotky na 1 venkovní |
| • MULTISPLIT systém | max. 8 vnitřních jednotek na 1 venkovní |
| • VRF/VRV systém | max. 40 vnitřních jednotek na 1 venkovní (pokud připojíme rozdělovač chladiva, lze připojit až 64 vnitřních jednotek) |

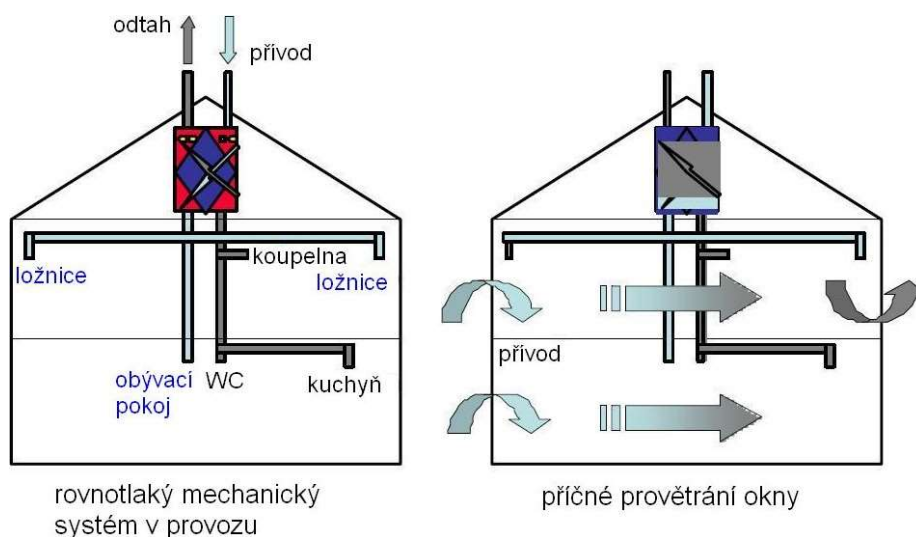
I tento systém má však jistá úskalí. Především pracuje pouze s oběhovým vzduchem a není nám tedy schopen zajistit větrání. Pokud potřebujeme zajistit výměnu vzduchu v místnosti, musíme současně s chladivovou klimatizací použít i systém nuceného větrání. Další nevýhodou je, že chladiva jsou většinou velmi hořlavá nebo jedovatá.

1.3 Hybridní větrání

Hybridní větrací systémy zajišťují příjemné vnitřní mikroklima při využití kombinace přirozeného i nuceného větrání. Jde v podstatě o inteligentní větrací systém s řídicími prvky, které automaticky přepínají mezi přirozeným a nuceným větráním. Můžeme tedy říci, že tento systém pracuje ve dvou rozdílných režimech. Hlavním úkolem je minimalizace spotřeby energie a zároveň zajištění požadované kvality vnitřního vzduchu a tepelné pohody. Rozlišujeme tři druhy hybridního větrání.

1.3.1 Střídání přirozeného a nuceného větrání

Tento systém pracuje ve dvou oddělených režimech. Přepínání mezi těmito režimy zabezpečuje řídicí systém v závislosti na počtu osob v místnosti a na jejich aktivitě nebo v závislosti na počasí. Pokud venkovní podmínky umožní přirozené větrání, je systém nuceného větrání vypnut. Jestliže však venku bude příliš horko nebo příliš chladno, systém nuceného větrání se znovu aktivuje.



Obrázek 24: Režim nuceného větrání (vlevo) a přirozeného větrání (vpravo) [16]

1.3.2 Přirozené větrání asistované ventilátorem

V tomto případě je celý systém založen především na přirozeném větrání, které je v případě nepříznivých klimatických podmínek, kdy není možno zajistit požadovanou úroveň větrání pomocí větru a vztlakových sil, podpořeno přívodním nebo odvodním ventilátorem. Systém řídí centrální řídicí jednotka, která je napojena na ventilátor, samoregulační větrací průduchy a na čidlo kvality vzduchu, které měří především hladinu CO_2 v prostoru.

Čerstvý vzduch je do interiéru nasáván přívodními samoregulačními výústkami ve fasádě. Odváděn je pak zejména z kuchyně a hygienických prostor (koupelny, WC) opět pomocí samoregulačních průduchů, které ústí do centrálního potrubí vedoucího na střešinu.

1.3.3 Nucené větrání podpořené účinkem větru a šachtovým efektem

Jedná se v podstatě o systém nuceného větrání, který pro výměnu vzduchu v interiéru využívá působení větru a rozdílů teplot. Během některých částí roku je tento systém schopen pracovat zcela bez mechanického pohonu. Je navržen tak, aby měl velmi malé tlakové ztráty a přírodní energie se tak staly rovnocennou součástí hnacích sil.

2 VÝPOČTOVÁ ČÁST

Vzduchotechnika administrativních prostor

2.1 Analýza objektu

Tato část bakalářské práce se zabývá návrhem vzduchotechnických systémů pro administrativní prostory v osmém podlaží budovy. Rozčlenění prostoru na zóny je v tomto podlaží z hlediska provozních podmínek zcela nezbytné, neboť se zde nachází dvě oddělená pracoviště.

První zónu tedy bude tvořit pět samostatných menších kanceláří v západní části budovy a jim náležící hygienické místnosti.

Druhou zónu najdeme ve východní části. Rozprostírá se zde velká open space s přiléhající zasedací místností, kanceláří ředitele a hygienickým zázemím.

Komunikační prostory (schodiště a výtahy) v severní a jižní části nejsou v této bakalářské práci řešeny.

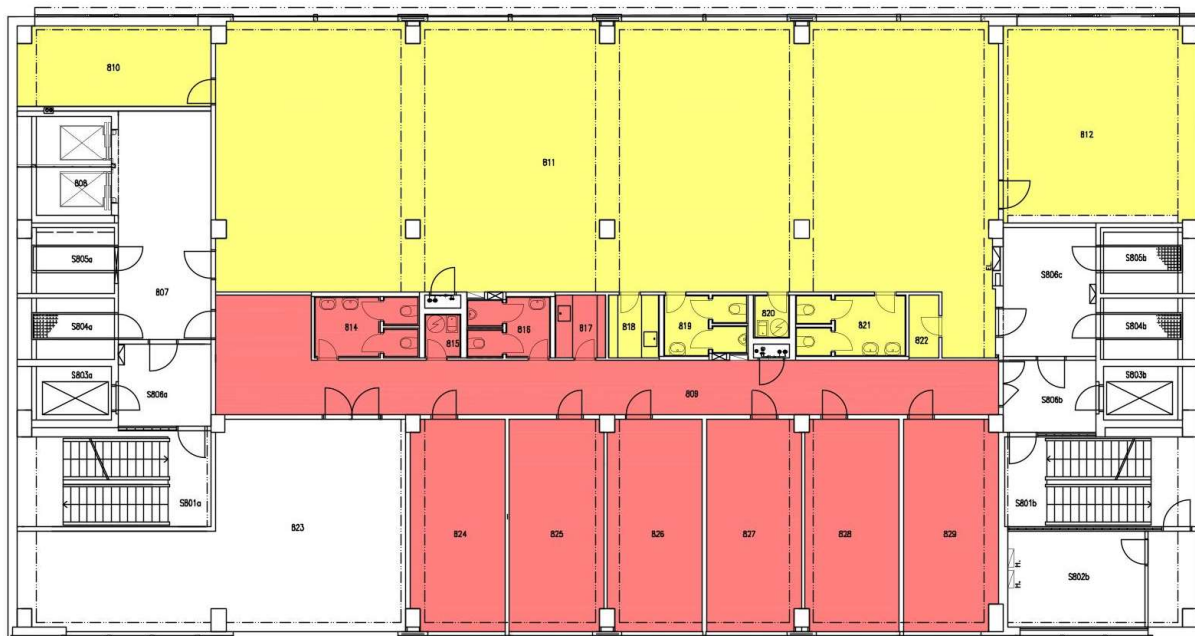
2.1.1 Přehled zařízení

Zóna 1

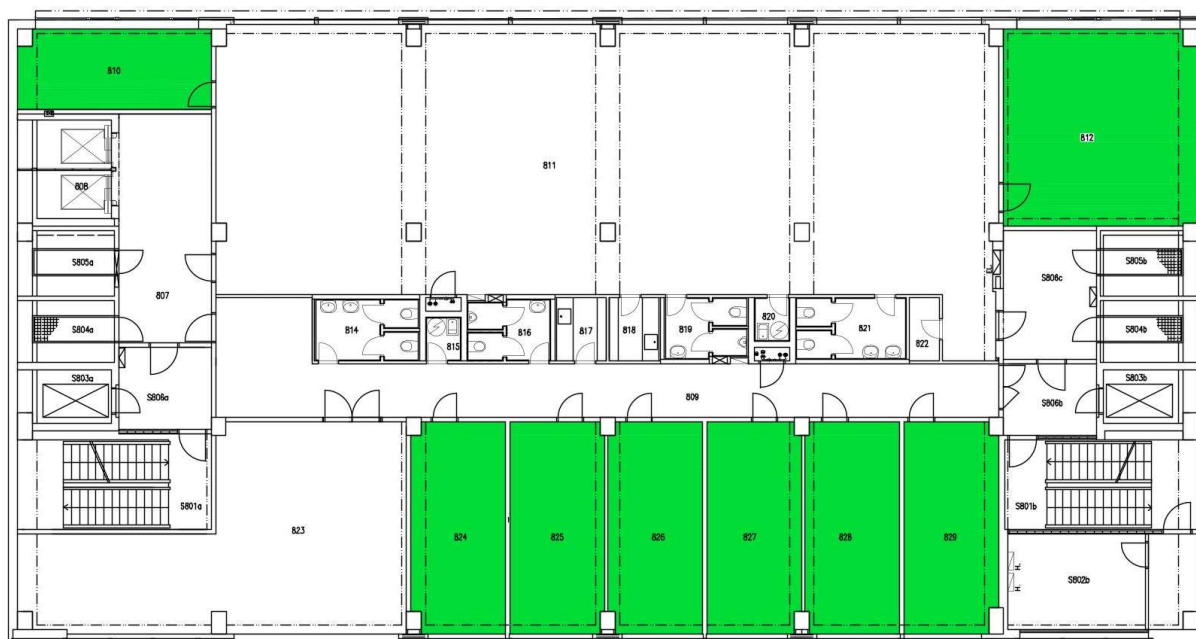
- Zařízení č. 1 – Teplovzdušné větrání
- Zařízení č. 3 – Chlazení

Zóna 2

- Zařízení č. 2 – Teplovzdušné větrání
- Zařízení č. 3 – Chlazení



Obrázek 25: Rozčlenění prostoru na zóny
červená – zóna 1; žlutá – zóna 2



Obrázek 26: Místnosti obsluhované zařízením č. 3

2.1.2 Návrhové parametry vnějšího vzduchu

- Místo stavby: Brno
- Letní období: $t_e = 34,4\text{ °C}$, $\varphi_e = 37\%$, $h = 69\text{ kJ/kg}_{sv}$
- Zimní období: $t_e = -12\text{ °C}$, $\varphi_e = 95\%$

2.1.3 Návrhové parametry vzduchu v interiéru

- Letní období: $t_i = 25\text{ °C}$, $\varphi_i = 50\%$
- Zimní období: $t_i = 22\text{ °C}$, $\varphi_i = 35\%$

Tyto parametry byly použity pro všechny místnosti z obou zón.

2.2 Tepelná bilance

2.2.1 Tepelně technické vlastnosti konstrukcí

U všech konstrukcí ohraničujících vnitřní vytápěný prostor byl výpočtem stanoven součinitel prostupu tepla. Všechny konstrukce vyhověly normovým požadavkům. Výpočet je uveden v příloze A.1.

2.2.2 Výpočet tepelných ztrát

Výpočet je proveden pro návrhovou teplotu venkovního prostředí $t_e = -12\text{ °C}$ a pro vnitřní teplotu v komunikačních prostorech (schodiště, výtahy) $t_i = 22\text{ °C}$. Níže je uveden postup výpočtu měrné tepelné ztráty prostupem pro jednu místnost. Výpočty pro zbylé místnosti jsou umístěny v příloze A.2.

Místnost č. 810 – kancelář ředitele

Tabulka 2: Ukázka výpočtu měrné tepelné ztráty prostupem pro místnost č. 810

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
S01	Stěna vnější zateplená	11,56	0,151	0,05	0,201	1,0	2,32
O02	Okno (2,665x2,1)	5,6	1,1	0	1,1	1,0	6,16
O02	Okno (2,665x2,1)	5,6	1,1	0	1,1	1,0	6,16
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí: $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$							14,64

Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na jiné teploty					
č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$
S02	Stěna vnitřní tl. 200 mm	21,7	1,37	0,11	3,27
Celková měrná tepelná ztráta do prostorů s rozdílnou teplotou: $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$					3,27

Celková měrná tepelná ztráta prostupem: $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,ij}$					17,91
---	--	--	--	--	-------

Tepelná ztráta se zohledněním venkovní teploty je uvedena v následující souhrnné tabulce. Pro výpočet tepelné ztráty byl použit vzorec:

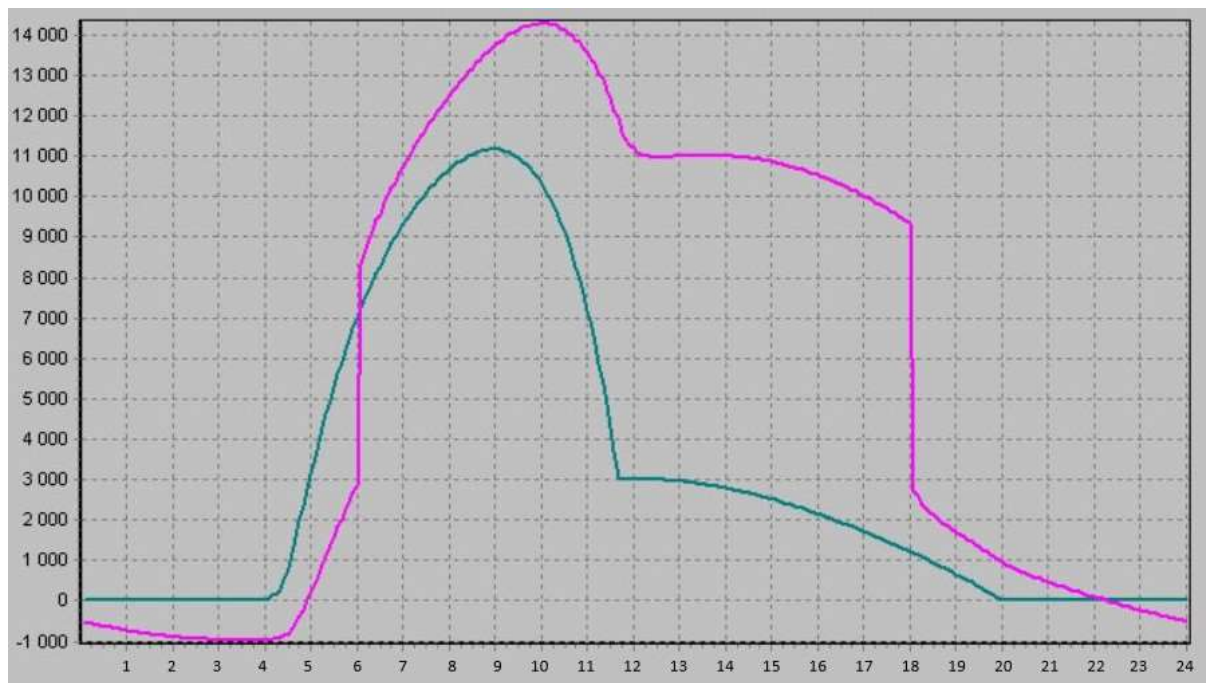
$$Q_Z = \Theta_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e)$$

Tabulka 3: Tepelná ztráta místností se zohledněním venkovní teploty

Tepelná ztráta						
č.m.	Název	$H_{T,i}$	$\Theta_{int,i}$	Θ_e	$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	$\Theta_{T,i} = Q_Z$ [W]
809	Chodba	2,25	22	-12	34	81,06
810	Kancelář ředitele	17,91	22	-12	34	644,90
811	Open space	62,53	22	-12	34	2251,12
812	Zasedací místnost	17,91	22	-12	34	644,69
824	Kancelář	7,33	22	-12	34	263,90
825	Kancelář	7,33	22	-12	34	263,90
826	Kancelář	7,33	22	-12	34	263,90
827	Kancelář	7,33	22	-12	34	263,90
828	Kancelář	7,33	22	-12	34	263,90
829	Kancelář	11,08	22	-12	34	398,71

2.2.3 Výpočet tepelné zátěže

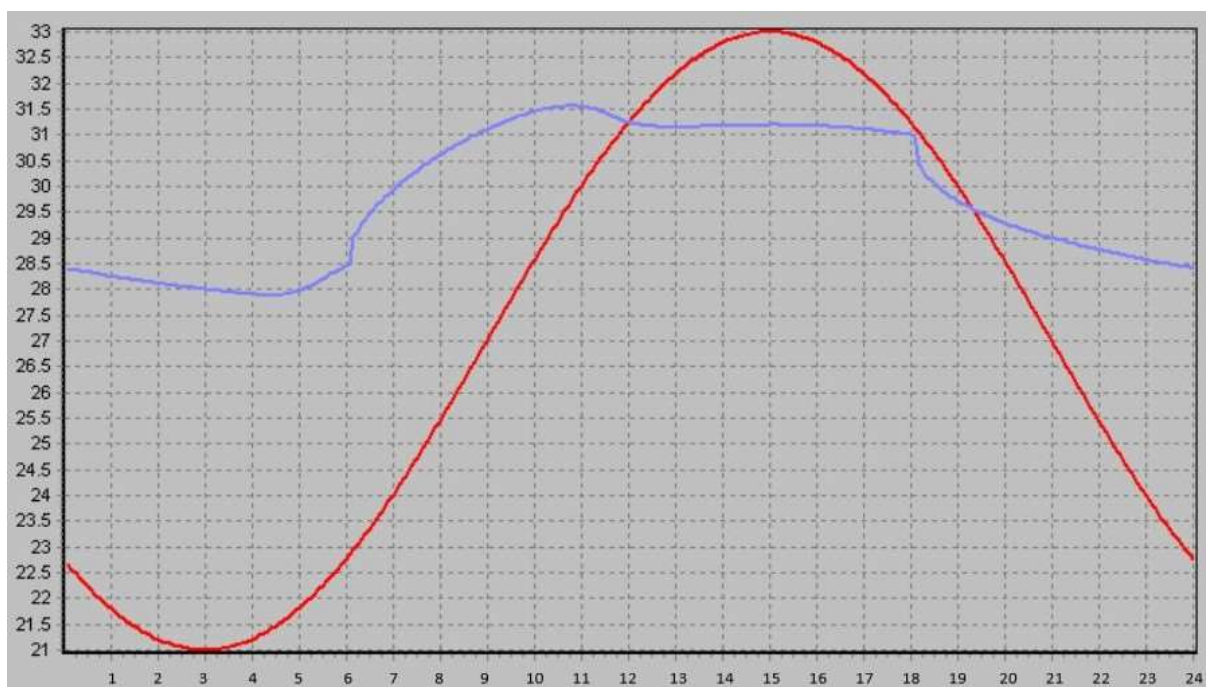
Tepelná zátěž byla pro všechny místnosti vypočtena pomocí softwaru Teruna. Zisky počítáme pro 21.7. Níže jsou uvedeny grafy pro open space, grafy pro ostatní místnosti najdeme v příloze A.3.



Graf 1: Tepelná zátěž a tok tepla okny v open space

osa x – čas [h]

osa y – tepelný zisk [W]



Graf 2: Reálný průběh teplot v open space

červená – venkovní teplota; modrá – vnitřní teplota

osa x – čas [h]

osa y – teplota [°C]

Ve všech místnostech je velká část fasády prosklená. Abychom si uvědomili, jak velký je tepelný tok okny, je v grafu 1 naznačen zeleně. Samotná celková tepelná zátěž je značena červeně jako ve všech ostatních grafech v příloze.

Tepelná bilance prostor je uvedena níže v tabulce pro výpočet průtoků vzduchu.

2.3 Nucené větrání

2.3.1 Průtoky vzduchu

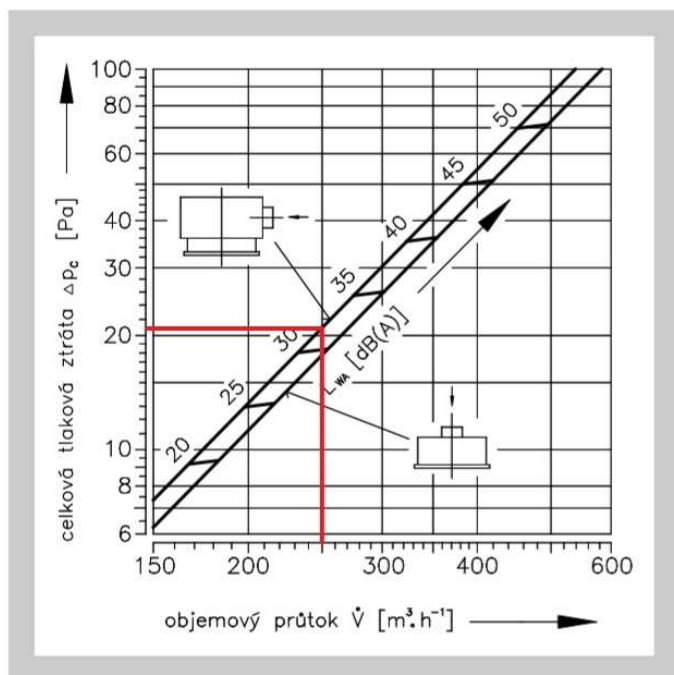
Tabulka 4: Výpočet průtoků vzduchu

Zadané hodnoty										Vypočtené hodnoty											
Místnost										Léto		Zima		Tepelná bilance			Přívod			Odvod	
Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha [m ²]	Světla výška [m]	Objem V _m [m ³]	Počet osob	Dávka vzduchu na osobu [m ³ ·h ⁻¹]	Pož. Intenzita výměny n [h ⁻¹]	Teplota v interiéru		Relativní vlhkost		Tepelné zisky Q _L [W]	Tepelná ztráta Q _Z [W]	Čerstvý vzduch V _e [m ³ ·h ⁻¹]	Přívod		Zima t _z ²⁴ [°C]	Dosažená výměna n [h ⁻¹]	Odvod v létě V _o [m ³ ·h ⁻¹]		
								t _i [°C]	φ _i [%]	t _i [°C]	φ _i [%]				V _p [m ³ ·h ⁻¹]	t _{pl} [°C]					
Zařízení č. 1 - nucené větrání jednotlivých kanceláří se zázemím																					
809	chodba	51,13	3,5	179,0	-	-	-	25	50	22	35	-	-	-	150	18	23	0,8	100		
814	WC ženy	7,12	3,5	24,9	-	-	-	25	50	22	35	-	-	-	150	18	23	6,0	160		
815	úklidová m.	1,74	3,5	6,1	-	-	-	25	50	22	35	-	-	-	-	18	23	-	50		
816	WC muži	5,61	3,5	19,6	-	-	-	25	50	22	35	-	-	-	100	18	23	5,1	110		
817	kuchyně	3,57	3,5	12,5	-	-	-	25	50	22	35	-	-	-	50	18	23	4,0	50		
824	kancelář	22,54	3,5	78,9	3	50	2	25	50	22	35	4359,2	263,9	150	150	18	23	1,9	150		
825	kancelář	22,54	3,5	78,9	3	50	2	25	50	22	35	4359,2	263,9	150	150	18	23	1,9	150		
826	kancelář	22,54	3,5	78,9	3	50	2	25	50	22	35	4359,2	263,9	150	150	18	23	1,9	150		
827	kancelář	22,54	3,5	78,9	3	50	2	25	50	22	35	4359,2	263,9	150	150	18	23	1,9	150		
828	kancelář	22,54	3,5	78,9	3	50	2	25	50	22	35	4359,2	263,9	150	150	18	23	1,9	150		
829	kancelář	22,54	3,5	78,9	3	50	2	25	50	22	35	4359,2	398,7	150	150	18	23	1,9	150		
														1350		1370					
Zařízení č. 2 - nucené větrání open space se zázemím																					
810	ředitelna	17,55	3,5	61,4	1	50	2	25	50	22	35	3598,1	644,9	50	100	18	23	1,6	100		
811	open space	232,0	3,5	812,0	25	50	2	25	50	22	35	14281,8	2251,1	1250	6060	18	23	7,5	6060		
812	zasedací m.	42,90	3,5	150,2	15	50	2	25	50	22	35	4266,0	644,7	750	750	18	23	5,0	750		
818	kuchyně	3,57	3,5	12,5	-	-	-	25	50	22	35	-	-	-	50	18	23	4,0	50		
819	WC muži	5,61	3,5	19,6	-	-	-	25	50	22	35	-	-	-	100	18	23	5,1	110		
820	úklidová m.	1,74	3,5	6,1	-	-	-	25	50	22	35	-	-	-	-	18	23	-	50		
821	WC ženy	7,12	3,5	24,9	-	-	-	25	50	22	35	-	-	-	150	18	23	6,0	160		
822	server	2,10	3,5	7,4	-	-	-	25	50	22	35	-	-	-	-	18	23	-	-		
														7210		7280					

2.3.2 Distribuční elementy

Podle požadovaných průtoků byly navrženy distribuční elementy od společnosti MANDÍK, a.s. Vzduch bude v prostorách distribuován vířivými výstky a talířovými ventily, které budou připojeny ohebným potrubím. Do úklidových místností bude přívod zajištěn dvěrní mřížkou z chodby.

Návrh vířivých vyústek VVM 600 (16 lamel) pro místnost č. 812 – Zasedací místnost

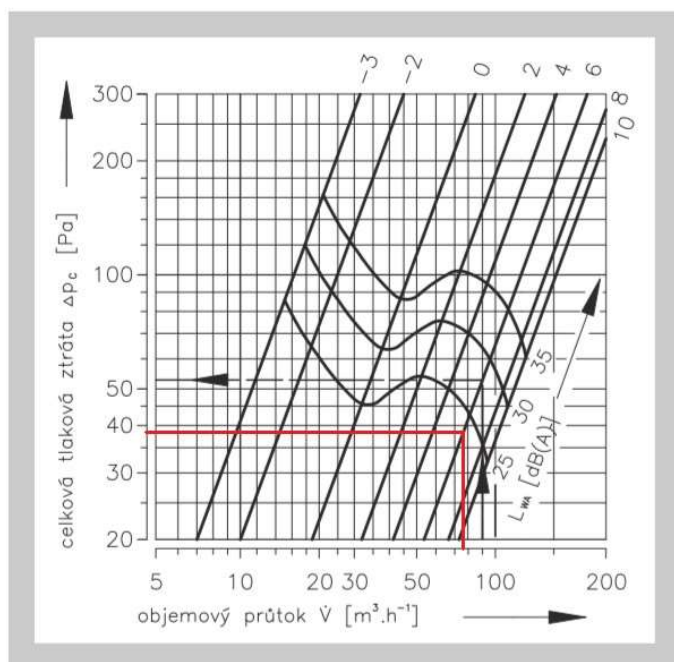


Graf 3: Ukázka návrhu VVM 600 pro místnost č. 812



Obrázek 27: Vířivá vyústka [32]

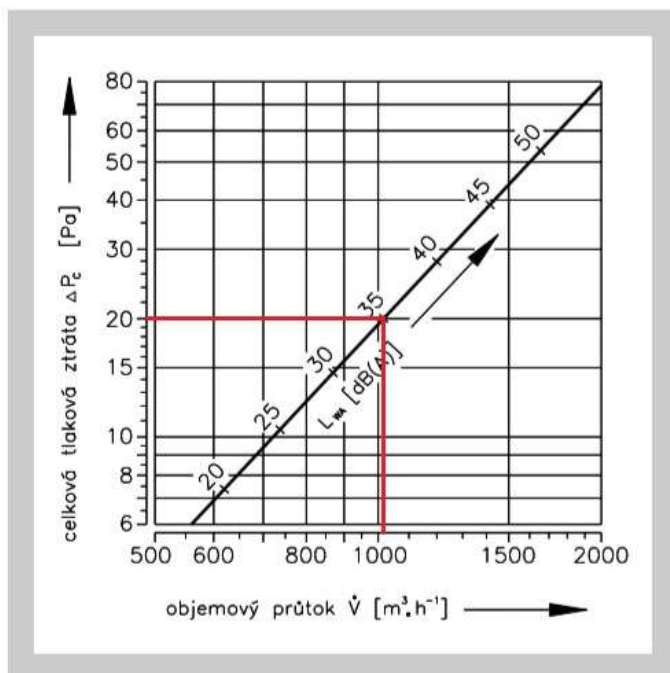
Návrh talířových ventilů TVPM 100 pro místnost č. 809 – Chodba



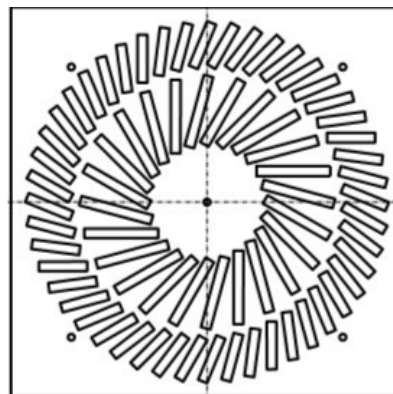
Obrázek 28: Talířový ventil [33]

Graf 4: Ukázka návrhu TVPM 100 pro místnost č. 809

Návrh vířivých výustek VVM 825 (72 lamel) pro místnost č. 811 – Open space



Graf 5: Ukázka návrhu VVM 825 pro místnost č. 811



Obrázek 29: Ukázka uspořádání velkého počtu lamel ve výustkách

Návrh všech ostatních distribučních elementů byl proveden stejným způsobem podle příslušných grafů.

Tabulka 5: Návrh distribučních elementů

Číslo místnosti	Název místnosti	Přívod						Odvod										
		Element	Počet ks	Označení	minimální průtok V_{MIN} [m ³ ·h ⁻¹]	maximální průtok V_{MAX} [m ³ ·h ⁻¹]	skutečný průtok V_{SKUT} [m ³ ·h ⁻¹]	Tlaková ztráta Δp [Pa]	Akustický výkon L_W [dB]	Element	Počet ks	Označení	minimální průtok V_{MIN} [m ³ ·h ⁻¹]	maximální průtok V_{MAX} [m ³ ·h ⁻¹]	skutečný průtok V_{SKUT} [m ³ ·h ⁻¹]	Tlaková ztráta Δp [Pa]	Akustický výkon L_W [dB]	
Zařízení č. 1 - nucené větrání jednotlivých kanceláří se zázemím																		
809	chodba	talířový ventil	2	TVPM 100	-	90	75	37	23	talířový ventil	2	TVOM 100	-	90	50	26	9	
814	WC ženy	talířový ventil	1	TVPM 160	-	200	150	38	21	talířový ventil	2	TVOM 100	-	90	80	35	16	
815	úklidová m.	dveřní mřížka	1	VNM 400x75	-	-	-	-	-	talířový ventil	1	TVOM 100	-	90	50	26	9	
816	WC muži	talířový ventil	1	TVPM 125	-	150	100	32	19	talířový ventil	2	TVOM 100	-	90	55	30	12	
817	kuchyně	talířový ventil	1	TVPM 100	-	90	50	30	18	talířový ventil	1	TVOM 100	-	90	50	26	9	
824	kancelář	vířivá vyúst	1	VVM 600, 16 lamel	100	320	150	7,4	16	vířivá vyúst	1	VVM 600, 16 lamel	100	320	150	7,4	16	
825	kancelář	vířivá vyúst	1	VVM 600, 16 lamel	100	320	150	7,4	16	vířivá vyúst	1	VVM 600, 16 lamel	100	320	150	7,4	16	
826	kancelář	vířivá vyúst	1	VVM 600, 16 lamel	100	320	150	7,4	16	vířivá vyúst	1	VVM 600, 16 lamel	100	320	150	7,4	16	
827	kancelář	vířivá vyúst	1	VVM 600, 16 lamel	100	320	150	7,4	16	vířivá vyúst	1	VVM 600, 16 lamel	100	320	150	7,4	16	
828	kancelář	vířivá vyúst	1	VVM 600, 16 lamel	100	320	150	7,4	16	vířivá vyúst	1	VVM 600, 16 lamel	100	320	150	7,4	16	
829	kancelář	vířivá vyúst	1	VVM 600, 16 lamel	100	320	150	7,4	16	vířivá vyúst	1	VVM 600, 16 lamel	100	320	150	7,4	16	
Zařízení č. 2 - nucené větrání open space se zázemím																		
810	ředitelna	vířivá vyúst	1	VVM 300, 8 lamel	55	180	100	11	23	vířivá vyúst	1	VVM 300, 8 lamel	55	180	100	11	23	
811	open space	vířivá vyúst	6	VVM 825, 72 lamel	560	1200	1010	20	35	vířivá vyúst	6	VVM 825, 72 lamel	560	1200	1010	20	35	
812	zasedací m.	vířivá vyúst	3	VVM 600, 16 lamel	100	320	250	21	32	vířivá vyúst	3	VVM 600, 16 lamel	100	320	250	21	32	
818	kuchyně	talířový ventil	1	TVPM 100	-	90	50	30	18	talířový ventil	1	TVOM 100	-	90	50	26	9	
819	WC muži	talířový ventil	1	TVPM 125	-	150	100	32	19	talířový ventil	2	TVOM 100	-	90	55	30	12	
820	úklidová m.	dveřní mřížka	1	VNM 400x75	-	-	-	-	-	talířový ventil	1	TVOM 100	-	90	50	26	9	
821	WC ženy	talířový ventil	1	TVPM 160	-	200	150	38	21	talířový ventil	2	TVOM 100	-	90	80	35	16	
822	server	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

2.3.3 Dimenzování rozvodů

2.3.3.1 Hlavní trasy potrubí

Zařízení č. 1

Tabulka 6: Dimenzování hlavních tras rozvodů u zařízení č. 1

Z PLÁNU			HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA	POZNÁMKY
			PŘEDBĚŽNÉ				SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ							
Pořadové číslo úseku potrubí	Průtok vzduchu v úseku	Délka úseku	Předběžná rychlost	Předběžná rychlost	Průtočná plocha	Průměr kruhového potrubí	Rozměr stran potrubí	Skutečná průtočná plocha	Skutečná rychlost	Měrná tlaková ztráta	Součinitel vřazených odporů tvarovek	Tlaková ztráta místními odpory	Celková tlaková ztráta úseku	
u	V	L	v'	v'	S'	d'	A x B	S	v	R	ξ	Z	Z+R*L	
-	[m ³ ·h ⁻¹]	[m]	[m·s ⁻¹]	[m·h ⁻¹]	[m ²]	[m]	[mm]	[m ²]	[m·s ⁻¹]	[Pa·m ⁻¹]	-	[Pa]	[Pa]	
Zařízení č. 1 - přívod														
1	150	3,175	2	7200	0,0208	0,163	200x125	0,023	1,852	0,45	0,6	1,23	2,66	
2	300	3,175	2,4	8640	0,0347	0,210	200x200	0,040	2,083	0,31	0,6	1,56	2,55	
3	450	3,175	2,8	10080	0,0446	0,238	200x250	0,050	2,500	0,45	0,6	2,25	3,68	
4	600	3,175	3,2	11520	0,0521	0,258	200x280	0,056	2,976	0,45	0,6	3,19	4,62	
5	750	3,175	3,6	12960	0,0579	0,271	200x315	0,063	3,307	0,45	0,6	3,94	5,37	
6	900	0,7	4	14400	0,0625	0,282	200x355	0,071	3,521	0,67	0,6	4,46	4,93	
7	1350	3,8	5	18000	0,075	0,309	200x400	0,080	4,688	0,67	1,8	23,73	26,28	
												Σ	50,08	
													7,25	VÝUSTĚ
													20	KLAPKY
													15	SÁNÍ
													27	ŽALUZIE
												68	TLUMIČ HLUKU	
												Σ	187,33	

Zařízení č. 1 - odvod														
1	150	3,8	2	7200	0,0208	0,163	200x125	0,023	1,852	0,45	0,6	1,23	2,94	
2	300	3,175	2,4	8640	0,0347	0,210	200x200	0,040	2,083	0,31	0,9	2,34	3,33	
3	450	3,175	2,8	10080	0,0446	0,238	200x250	0,050	2,500	0,45	0,9	3,38	4,80	
4	600	3,175	3,2	11520	0,0521	0,258	200x280	0,056	2,976	0,45	0,9	4,78	6,21	
5	750	3,175	3,6	12960	0,0579	0,271	200x315	0,063	3,307	0,45	0,9	5,91	7,33	
6	900	2,5	4	14400	0,0625	0,282	200x355	0,071	3,521	0,67	0,9	6,70	8,37	
7	1370	5,6	5	18000	0,0761	0,311	200x400	0,080	4,757	0,67	2,4	32,59	36,34	
												Σ	69,33	
													7,25	VÝUSTĚ
													20	KLAPKY
													15	VÝFUK
													46	ŽALUZIE
													68	TLUMIČ HLUKU
												Σ	225,58	

Zařízení č. 2

Tabulka 7: Dimenzování hlavních tras rozvodů u zařízení č. 2

Z PLÁNU			HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA	POZNÁMKY
Pořadové číslo úseku potrubí	Průtok vzduchu v úseku	Délka úseku	PŘEDBĚŽNÉ				SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ						Celková tlaková ztráta úseku	
			Předběžná rychlost	Předběžná rychlost	Průtočná plocha	Průměr kruhového potrubí	Rozměr stran potrubí	Skutečná průtočná plocha	Skutečná rychlost	Měrná tlaková ztráta	Součinitel vřazených odporů tvarovek	Tlaková ztráta místními odpory		
u	V	L	v'	v'	S'	d'	A x B	S	v	R	ξ	Z	Z+R*L	
-	[m ³ ·h ⁻¹]	[m]	[m·s ⁻¹]	[m·h ⁻¹]	[m ²]	[m]	[mm]	[m ²]	[m·s ⁻¹]	[Pa·m ⁻¹]	-	[Pa]	[Pa]	
Zařízení č. 2 - přívod														
1	250	2	2	7200	0,0347	0,210	250x180	0,045	1,543	0,31	0,6	0,86	1,48	
2	500	0,4	2,3	8280	0,0604	0,277	500x180	0,090	1,543	0,31	0,6	0,86	0,98	
3	750	5,4	2,6	9360	0,0801	0,319	500x180	0,090	2,315	0,31	1,7	5,47	7,14	
4	1760	4	2,9	10440	0,1686	0,463	500x355	0,178	2,754	0,21	1,1	5,01	5,85	
5	2770	4	3,1	11160	0,2482	0,562	500x500	0,250	3,078	0,21	0,6	3,41	4,25	
6	3780	2,7	3,4	12240	0,3088	0,627	500x630	0,315	3,333	0,21	0,6	4,00	4,57	
7	4080	1,8	3,6	12960	0,3148	0,633	500x630	0,315	3,598	0,21	0,3	2,33	2,71	
8	5090	4,2	4	14400	0,3535	0,671	500x710	0,355	3,983	0,31	0,6	5,71	7,01	
9	6100	4,7	4,3	15480	0,3941	0,708	500x800	0,400	4,236	0,21	0,6	6,46	7,45	
10	7110	2,3	4,6	16560	0,4293	0,739	500x900	0,450	4,389	0,31	0,6	6,93	7,65	
11	7210	11	4,6	16560	0,4354	0,745	500x900	0,450	4,451	0,31	3,6	42,79	46,20	
												Σ	95,27	
													22 VÝUŠŤ	
													20 KLAPKY	
													18 SÁNÍ	
													27 ŽALUZIE	
													68 TLUMIČ HLUKU	
												Σ	250,27	

Zařízení č. 2 - odvod														
1	250	0,9	2	7200	0,035	0,210	250x180	0,045	1,543	0,31	0	0,00	0,28	
2	500	0,6	2,3	8280	0,060	0,277	500x180	0,090	1,543	0,31	0,9	1,29	1,47	
3	750	3,3	2,5	9000	0,083	0,326	500x180	0,090	2,315	0,31	0,9	2,89	3,92	
4	1760	4	2,8	10080	0,175	0,471	500x355	0,178	2,754	0,21	0,9	4,10	4,94	
5	2770	2,9	3,1	11160	0,248	0,562	500x500	0,250	3,078	0,21	0,9	5,12	5,72	
6	3140	1,1	3,4	12240	0,257	0,572	500x560	0,280	3,115	0,21	0,6	3,49	3,72	
7	4150	4,5	3,7	13320	0,312	0,630	500x630	0,315	3,660	0,21	0,9	7,23	8,18	
8	5160	4,2	4	14400	0,358	0,675	500x710	0,355	4,038	0,31	0,9	8,80	10,11	
9	6170	4,7	4,3	15480	0,399	0,712	500x800	0,400	4,285	0,21	0,9	9,91	10,90	
10	7180	1,5	4,6	16560	0,434	0,743	500x900	0,450	4,432	0,31	0,9	10,61	11,07	
11	7280	10,5	4,6	16560	0,440	0,748	500x900	0,450	4,494	0,31	3,6	43,62	46,88	
												Σ	107,18	
													22 VÝUŠŤ	
													20 KLAPKY	
													18 VÝFUK	
													46 ŽALUZIE	
													68 TLUMIČ HLUKU	
												Σ	281,18	

2.3.3.2 Vedlejší trasy potrubí

Zařízení č. 1

Tabulka 8: Dimenzování vedlejších tras rozvodů u zařízení č. 1

Z PLÁNU			HODNOTY										TLAK. ZTRÁTA
Pořadové číslo úseku potrubí	Průtok vzduchu v úseku	Délka úseku	PŘEDBĚŽNÉ				SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ						Celková tlaková ztráta úseku
			Předběžná rychlost	Předběžná rychlost	Průtočná plocha	Průměr kruhového potrubí	Rozměr stran potrubí/průměr	Skutečná průtočná plocha	Skutečná rychlost	Měrná tlaková ztráta	Součinitel vřazených odporů tvarovek	Tlaková ztráta místními odpory	
u	V	L	v'	v'	S'	d'	A x B (Ø)	S	v	R	ξ	Z	Z+R*L
-	[m ³ ·h ⁻¹]	[m]	[m·s ⁻¹]	[m·h ⁻¹]	[m ²]	[m]	[mm]	[m ²]	[m·s ⁻¹]	[Pa·m ⁻¹]	-	[Pa]	[Pa]
Zařízení č. 1 - přívod													
A	75	6	2	7200	0,0104	0,115	110	0,010	2,192	0,67	0,6	1,73	5,75
B	50	2,3	2	7200	0,0069	0,094	100	0,008	1,768	0,67	0	0,00	1,54
C	125	1,5	2,5	9000	0,0139	0,133	125	0,012	2,829	0,67	0,6	2,88	3,89
D	100	2,9	2,5	9000	0,0111	0,119	125	0,012	2,264	0,67	0	0,00	1,94
E	225	3,2	3	10800	0,0208	0,163	160	0,020	3,108	1,00	0,6	3,48	6,68
F	75	1,3	2	7200	0,0104	0,115	110	0,010	2,192	0,67	0,6	1,73	2,60
G	150	2,9	2	7200	0,0208	0,163	160	0,020	2,072	0,45	0	0,00	1,31
H	225	3,5	3	10800	0,0208	0,163	160	0,020	3,108	1,00	0,6	3,48	6,98
I	450	4,8	4	14400	0,0313	0,199	200	0,031	3,979	1,00	1,1	10,45	15,25

Zařízení č. 1 - odvod													
A	50	12	2	7200	0,0069	0,094	100	0,008	1,768	0,67	0,6	1,13	9,17
B	50	2,8	2	7200	0,0069	0,094	100	0,008	1,768	0,67	0,6	1,13	3,00
C	100	2,5	2,3	8280	0,0121	0,124	125	0,012	2,264	0,67	0,9	2,77	4,44
D	50	0,4	2	7200	0,0069	0,094	100	0,008	1,768	0,67	0	0,00	0,27
E	150	1,3	2,6	9360	0,016	0,143	140	0,015	2,707	0,67	0,9	3,96	4,83
F	55	1,2	2	7200	0,0076	0,099	100	0,008	1,945	0,67	0,6	1,36	2,17
G	55	0,25	2	7200	0,0076	0,099	100	0,008	1,945	0,67	0	0,00	0,17
H	110	1,2	2,6	9360	0,0118	0,122	125	0,012	2,490	0,67	0,9	3,35	4,15
I	260	1,45	2,8	10080	0,0258	0,181	180	0,025	2,838	0,67	0,9	4,35	5,32
J	50	1,3	2	7200	0,0069	0,094	100	0,008	1,768	0,67	0	0,00	0,87
K	310	1,6	3	10800	0,0287	0,191	200	0,031	2,741	1,00	0,6	2,70	4,30
L	80	1,3	2	7200	0,0111	0,119	125	0,012	1,811	0,45	0,6	1,18	1,77
M	80	0,3	2	7200	0,0111	0,119	125	0,012	1,811	0,45	0	0,00	0,14
N	160	1,2	3	10800	0,0148	0,137	140	0,015	2,887	1,00	0,9	4,50	5,70
O	470	3,9	4	14400	0,0326	0,204	200	0,031	4,156	1,00	1,5	15,54	19,44

Zařízení č. 2

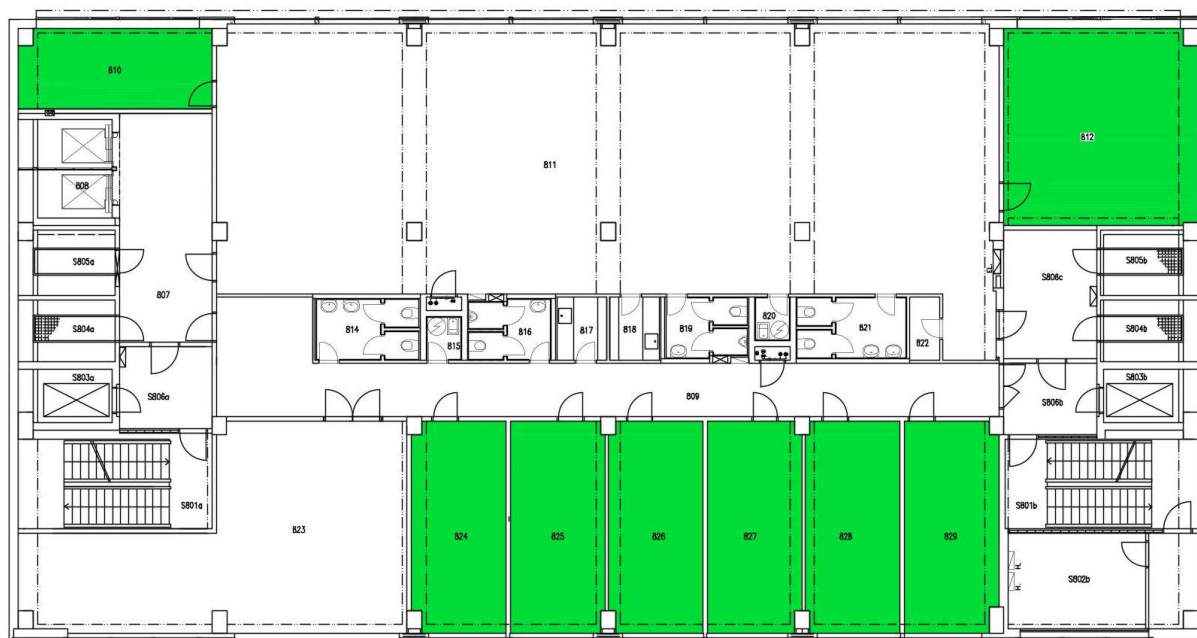
Tabulka 9: Dimenzování vedlejších tras rozvodů u zařízení č. 2

Z PLÁNU			HODNOTY										TLAK.
			PŘEDBĚŽNÉ				SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ						ZTRÁTA
Pořadové číslo úseku potrubí	Průtok vzduchu v úseku	Délka úseku	Předběžná rychlost	Předběžná rychlost	Průtočná plocha	Průměr kruhového potrubí	Rozměr stran potrubí/průměr	Skutečná průtočná plocha	Skutečná rychlost	Měrná tlaková ztráta	Součinitel vřazených odporů tvarovek	Tlaková ztráta místními odpory	Celková tlaková ztráta úseku
u	V	L	v'	v'	S'	d'	A x B (Ø)	S	v	R	ξ	Z	Z+R*L
-	[m ³ ·h ⁻¹]	[m]	[m·s ⁻¹]	[m·h ⁻¹]	[m ²]	[m]	[mm]	[m ²]	[m·s ⁻¹]	[Pa·m ⁻¹]	-	[Pa]	[Pa]
Zařízení č. 2 - přívod													
A	250	1,2	2	7200	0,0347	0,210	200	0,031	2,210	0,67	0,6	89,59	90,39
B	150	9,3	2,5	9000	0,0167	0,146	140	0,015	2,707	0,67	0,6	223,88	230,11
C	100	2,5	2,5	9000	0,0111	0,119	125	0,012	2,264	0,67	0	234,85	236,52
D	250	1,6	3	10800	0,0231	0,172	180	0,025	2,729	0,67	0,6	136,55	137,62
E	50	2	2,5	9000	0,0056	0,084	100	0,008	1,768	0,45	0	286,68	287,58
F	300	4,6	3,4	12240	0,0245	0,177	180	0,025	3,275	0,67	0,6	163,85	166,94
G	100	7	4,6	16560	0,006	0,088	100	0,008	3,537	2,10	1,2	573,36	588,06

Zařízení č. 2 - odvod													
A	250	0,5	2	7200	0,035	0,210	250x180	0,045	1,543	0,31	0	43,66	43,82
B	250	3,2	2,3	8280	0,030	0,196	250x180	0,045	1,543	0,31	0,6	43,66	44,66
C	80	1,3	2	7200	0,011	0,119	125	0,012	1,811	0,45	0,6	187,88	188,46
D	80	0,3	2	7200	0,011	0,119	125	0,012	1,811	0,45	0	187,88	188,01
E	160	2,8	2,4	8640	0,019	0,154	160	0,020	2,210	0,45	1,5	139,98	141,24
F	50	1,3	2,4	8640	0,006	0,086	100	0,008	1,768	0,67	0	286,68	287,55
G	210	0,9	2,7	9720	0,022	0,166	160	0,020	2,901	0,67	0,9	183,72	184,33
H	50	5,6	2,4	8640	0,006	0,086	100	0,008	1,768	0,67	1,2	286,68	290,43
I	55	1,3	2	7200	0,008	0,099	100	0,008	1,945	0,67	0,6	315,35	316,22
J	55	0,3	2	7200	0,008	0,099	100	0,008	1,945	0,67	0	315,35	315,55
K	110	1,2	2,4	8640	0,013	0,127	125	0,012	2,490	0,67	0,9	258,33	259,14
L	160	0,6	2,7	9720	0,016	0,145	140	0,015	2,887	1	0,9	238,80	239,40
M	370	3,8	3,1	11160	0,033	0,205	200	0,031	3,272	0,67	1,1	132,59	135,14
N	100	6,5	4,6	16560	0,006	0,088	100	0,008	3,537	2,1	0,6	573,36	587,01

2.4 Chlazení

Vzduchotechnika nebude v některých místnostech schopna zajistit optimální teplotní klima. Proto bude do prostor instalován třítrubkový systém chlazení VRF od firmy TOSHIBA, který lze v zimě použít i k vytápění.



Obrázek 30: Schéma místností obsluhovaných zařízením č. 3

Návrh vnitřních jednotek

Vnitřní jednotky byly navrženy na základě vypočteného potřebného chladicího výkonu v jednotlivých místnostech. Všechny jednotky jsou čtyřcestné kazetové od firmy Toshiba.

Tabulka 10: Chladicí výkony a návrh vnitřních jednotek

č.m.	Název místnosti	Plocha A [m ²]	Tepelná zátěž Q _L [W]	Návrh - čtyřcestná kazetová jednotka TOSHIBA	Chladicí výkon Q [W]
Zařízení č. 3 - Chlazení vybraných místností					
824	kancelář	22,54	4359	MMU-AP0154HP1-E	4500
825	kancelář	22,54	4359	MMU-AP0154HP1-E	4500
826	kancelář	22,54	4359	MMU-AP0154HP1-E	4500
827	kancelář	22,54	4359	MMU-AP0154HP1-E	4500
828	kancelář	22,54	4359	MMU-AP0154HP1-E	4500
829	kancelář	22,54	4359	MMU-AP0154HP1-E	4500
810	kancelář ředitele	17,55	3598	MMU-AP0124HP1-E	3600
812	zasedací místnost	42,90	4266	MMU-AP0154HP1-E	4500



Obrázek 31: čtyřcestná kasetová jednotka [40]

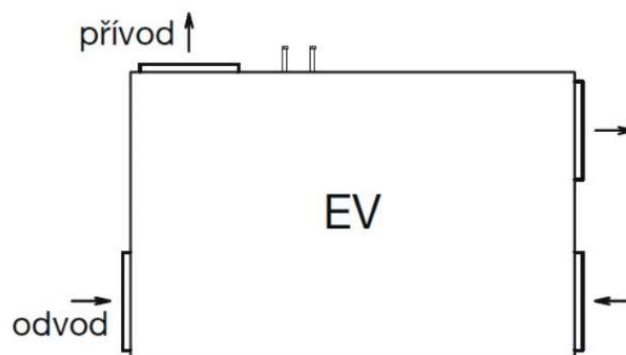
2.5 Návrh vzduchotechnických a chladících zařízení

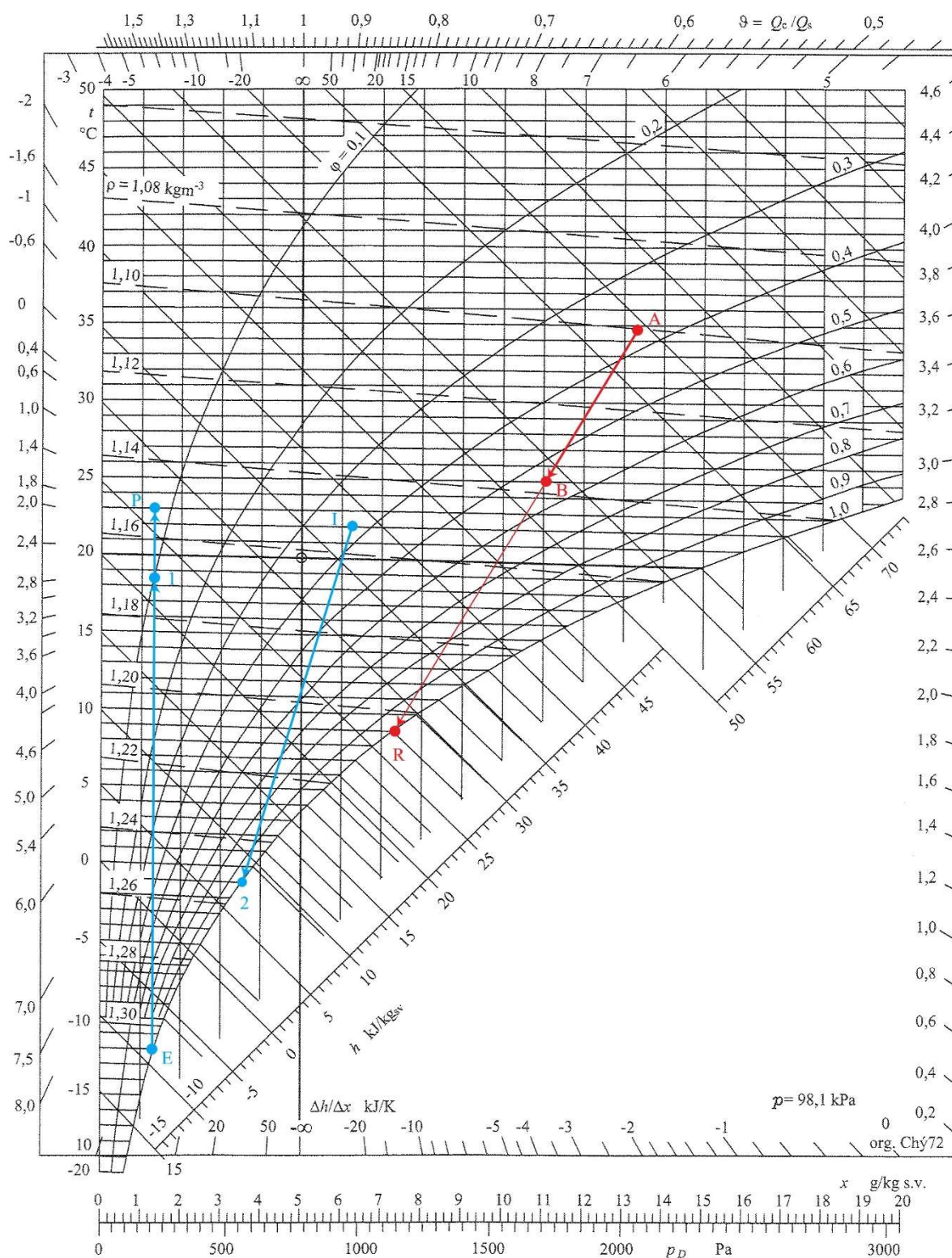
2.5.1 Zařízení č. 1 – teplovzdušné větrání

První vzduchotechnickou jednotkou (zařízením č. 1) byla zvolena kompaktní rekuperační jednotka DUOVENT COMPACT DV 1800 DCA DCC M5/G4 CAV EV od firmy Elektrodesign [31]. Jde o vertikální jednotku o velikosti 1800 s vodním ohřevačem 80/60 °C, vodním chladičem 6/12 °C, vstupním filtrem M5, filtrem na odtahu G4 a polohou hrdel EV.

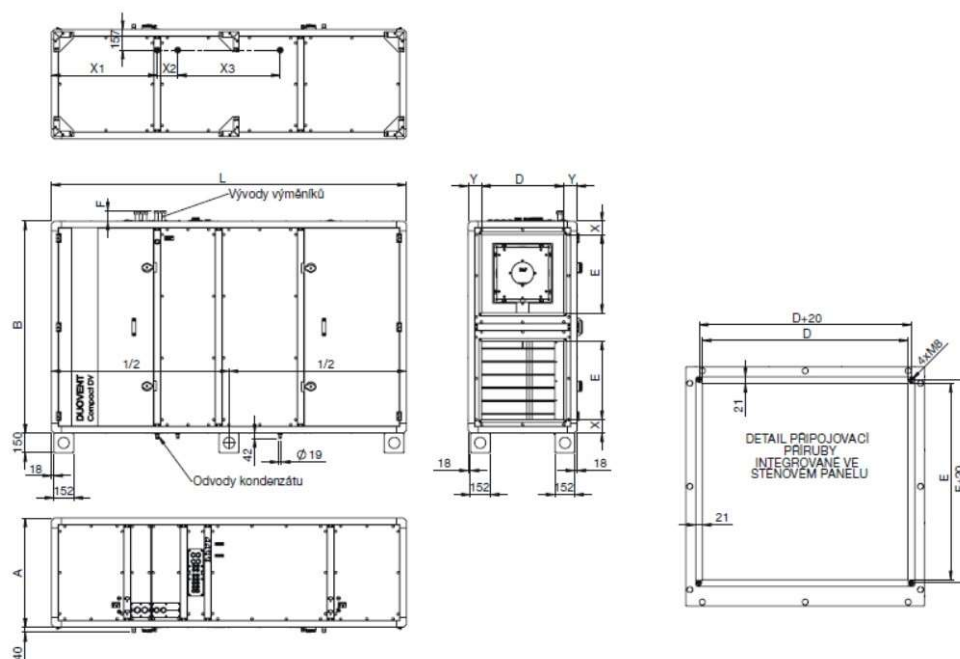
Tabulka 11: Výkonové charakteristiky zařízení č. 1

Typ	nominální průtok [m³/h]	napětí [V/Hz]	ventilátor přívod/odvod		ohřivač		výkon chladiče*	účinnost* [%]	max. průtok vzduchu jednotkou** [m³/h]	řídící systém Digireg®	hmot.*** [kg]
			max. příkon [W]	proud [A]	výkon* [kW]	proud [A]					
1800	1800	3x400V 50Hz	669/505	2,9/2,2	–	–	–	89,5	2000	M3-Vx	274–326
1800 DCA					13,1	–	–				
1800 DCB					8,4	–	–				
1800 DCA DCC					13,1	–	12,4				
1800 DCA DX					13,1	–	12,7				
1800 DI					7,5	10,8	–			M3-E8-2	



Obrázek 32: Poloha hrdel „EV“ (pohled z obslužné strany) [31]**Graf 6:** Psychrometrický diagram úprav vzduchu v zařízení č. 1

modrá (zima): E – teplota exteriéru, 1 – teplota za ZTT, P – přívodní teplota, I – teplota interiéru, 2 – teplota za ZTT
 červená (léto): A – teplota exteriéru, B – teplota interiéru, R – teplota rosného bodu upravovaného vzduchu



Typ	A [mm]	B [mm]	D [mm]	E [mm]	F [mm]	L [mm]	X [mm]	Y [mm]	X1 [mm]	X2 [mm]	X3 [mm]
DUOVENT DV 1800	521	1620	300	600	70	2562	103	110,5	810	157	708

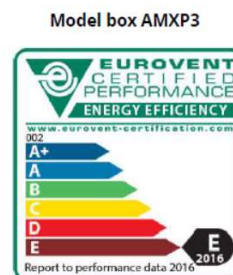
Obrázek 33: Rozměry zařízení č. 1 [31]

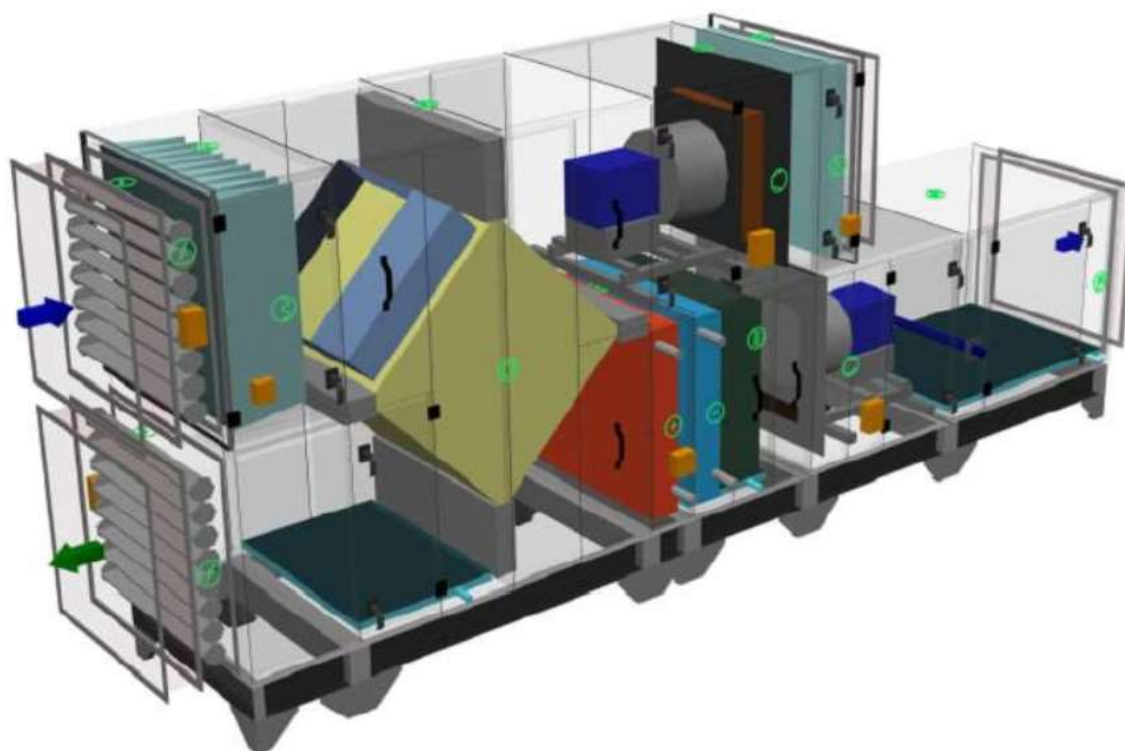
2.5.2 Zařízení č. 2 – teplovzdušné větrání

K návrhu této vzduchotechnické jednotky byl použit návrhový program firmy REMAK [30]. Jedná se o sestavnou jednotku AeroMaster XP 13 ve vnitřním provedení. Jednotka obsahuje deskový rekuperátor, vodní ohříváč, vodní chladič, parní zvlhčovač a filtry na přívodu i odvodu.

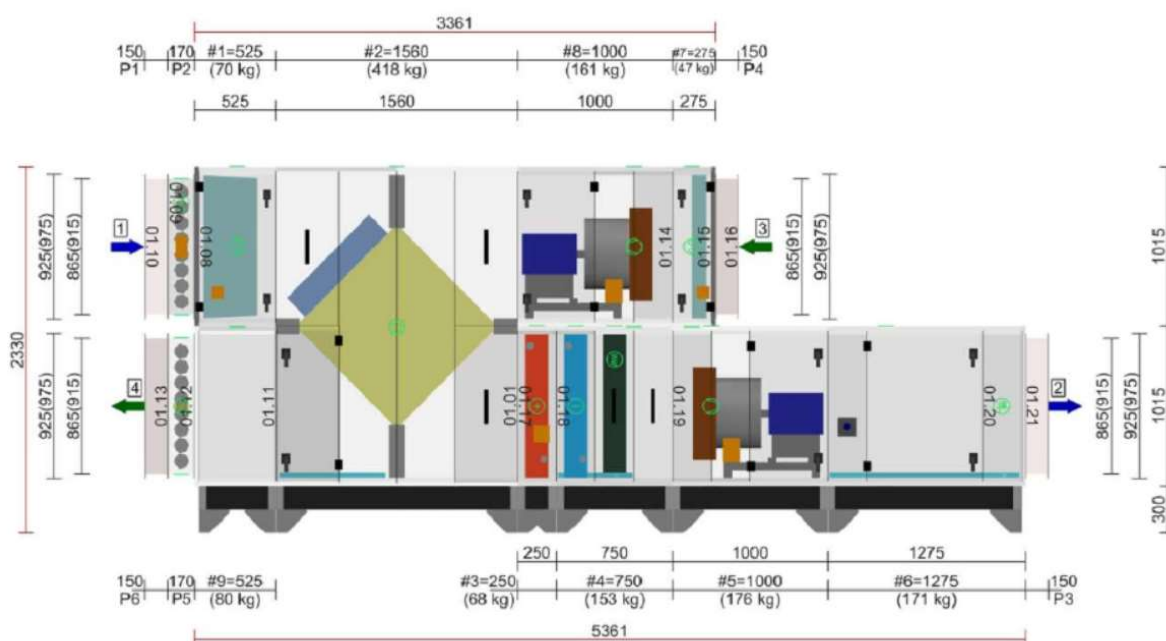
Tabulka 12: Výkonové charakteristiky zařízení č. 2

Základní parametry zařízení		
Druh, rozměr	AeroMaster XP 13	
Řídicí jednotka VCS (Climatix)	Ne	
Hmotnost (+/- 10%)	1 512 kg	
Umístění VZT jednotky	Vnitřní	
Materiálové provedení		
Vnější plášť	Lakovaný plech (RAL 9002)	
Vnitřní plášť	Pozinkovaný plech	
	Přívod	Odvod
Průtok vzduchu	7210 m³/h	7280 m³/h
Externí tlaková rezerva	250 Pa	250 Pa
Rychlost v průřezu	2.27 m/s	2.30 m/s
Výkon motoru nominální	3.00 kW	1.50 kW
Typ motoru ventilátoru	AC motor	AC motor
Frekv. měnič součást dodávky	Ano (IP21)	Ano (IP21)
1. stupeň filtrace	M5 / ISO Coarse 80 %	G4 / ISO Coarse 60 %
2. stupeň filtrace	-	-
SFP _{vi}	1023 W.m³.s	702 W.m³.s
	Parametry pláště dle EN1886	
	Mechanická stabilita	D2(M)
	Netěsnost skříně	L2(R)
	Termická izolace	T3(M)
	Faktor tepelných mostů	TB3(M)
SFP _{vAHU}	1715 W.m³.s	Netěsnost mezi filtrem a rámem < 0,5 % (F9)



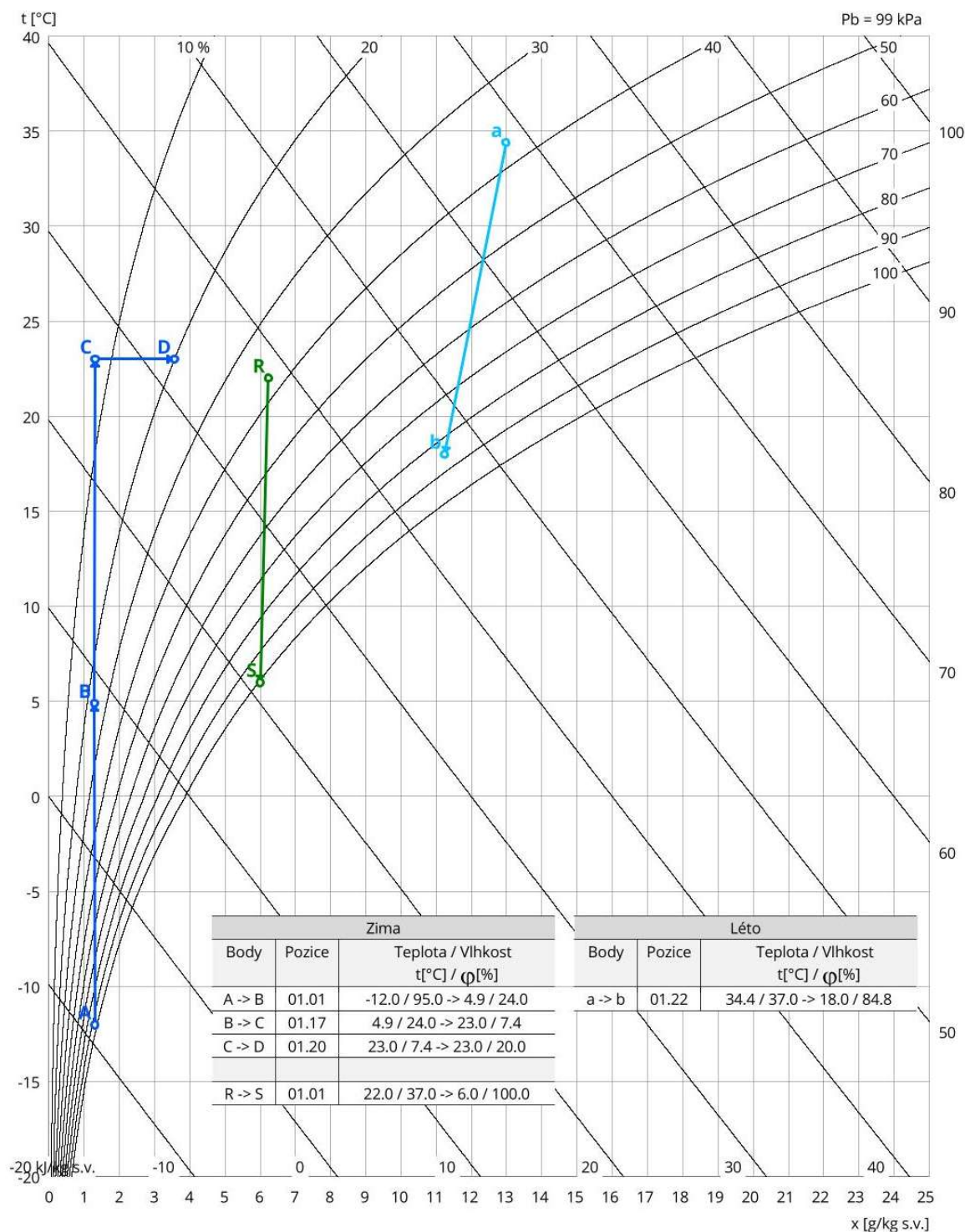


Obrázek 34: Axonometrický pohled na zařízení č. 2



Obrázek 35: Rozměry zařízení č. 2 (pohled ze sevisní strany)

Psychrometrický diagram



Graf 7: Psychrometrický diagram úprav vzduchu v zařízení č. 2

tmavě modrá (zima): A – teplota exteriéru, B – teplota za ZZT, C – teplota za ohřivačem (přívodní), D – vlhkost za zvlhčovačem (přívodní teplota)

zelená (zima): R – teplota interiéru, S – teplota za ZZT (teplota odpadního vzduchu)

světle modrá (léto): a – teplota exteriéru, b – teplota interiéru,

2.5.3 Zařízení č. 3 – chlazení

Pro chlazení některých místností byl navržen třítrubkový chladivový systém TOSHIBA s venkovní jednotkou SHRM-e typ MMY-MAP1406FT8P-E o chladicím výkonu 40 kW.



Obrázek 36: Venkovní chladicí jednotka SHRM-e [39]

2.6 Útlum hluku

2.6.1 Šíření hluku do interiéru

2.6.1.1 Zařízení č. 1

Výpočet hladiny akustického tlaku od zařízení č. 1 v místnosti č. 824 – Kancelář

Hluk přívodního a odvodního potrubí určíme z následujícího vztahu:

$$L_{W,S} = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 66} + 10^{0,1 \cdot 48}) = 66 \text{ dB}$$

Část akustické energie se absorbuje do pohltivých povrchů v místnosti. Součinitel absorpce α se pro kancelářské prostory uvažuje hodnotou 0,2. Tímto součinitelem vynásobíme skutečnou plochu všech konstrukcí v místnosti (podlaha, stěny, strop) a dostaneme celkovou pohltivou plochu.

$$A = \alpha \cdot S = 0,2 \cdot 89 = 17,8 \text{ m}^2$$

Směrový činitel pro vyústky v podhledu uvažujeme $Q = 2$. Vzdálenost posluchače od zdroje hluku stanovíme pro nejméně příznivý případ, tedy pokud by posluchač stál přímo pod vyústkou. V tomto případě $r = 3,2 - 1,8 = 1,4 \text{ m}$. Z následujícího vztahu pak vypočteme skutečnou hladinu akustického tlaku v místě posluchače.

$$L_P = L_{W,S} + 10 \cdot \log\left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} + \frac{4}{A}\right) = 66 + 10 \cdot \log\left(\frac{2}{4 \cdot \pi \cdot 1,4^2} + \frac{4}{17,8}\right) = 60,86 \text{ dB}$$

Hladina akustického tlaku v kancelářích však může být maximálně 40 dB. Proto byl navržen buňkový tlumič hluku Greif GE 250x500x1000 s útlumem hluku větším než 20,68 dB ve frekvencích 1000 a 2000 Hz, protože právě v těchto frekvencích produkuje přívodní ventilátor největší hluk.

Akustické poměry v potrubí s tlumičem se změní následovně:

$$L_{W,S} = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 37} + 10^{0,1 \cdot 25}) = 37 \text{ dB}$$

$$A = \alpha \cdot S = 0,2 \cdot 89 = 17,8 \text{ m}^2$$

$$L_P = L_{W,S} + 10 \cdot \log\left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} + \frac{4}{A}\right) = 37 + 10 \cdot \log\left(\frac{2}{4 \cdot \pi \cdot 1,4^2} + \frac{4}{17,8}\right) = 31,83 \text{ dB}$$

Tato hodnota už vyhovuje požadavku. Aby byla dodržena požadovaná rychlost proudění vzduchu v potrubí, byl průřez potrubí zvětšen na 500x500, což odpovídá dvěma buňkám tlumiče. Plochu potrubí, kudy může dále proudit vzduch, vypočteme takto:

$$A = 0,5 \cdot 0,09 \cdot 2 = 0,09 \text{ m}^2$$

Rychlost v potrubí pak byla ověřena podle následujícího vztahu:

$$w = \frac{V}{3600 \cdot A} = \frac{1350}{3600 \cdot 0,09} = 4,17 \text{ m/s}$$

Stejný tlumič hluku byl navržen i pro odvodní potrubí.

Tabulka 13: Útlum hluku na straně interiéru – zařízení č. 1

Zařízení č. 1 - přívod - výtlač										
f	frekvence	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součet
L _{VENT}	hluk ventilátoru	48	52	64	73	76	76	68	65	80
D _p	přirozený útlum									
	rovné potrubí 3,2 m	1,92	1,92	1,44	0,96	0,64	0,64	0,64	0,64	
	oblouky 1 ks	0	0	0	1	2	3	3	3	
	odbočka z hl. větve	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	
	odbočka k výustce	4,19	4,19	4,19	4,19	4,19	4,19	4,19	4,19	
	ohébné potrubí Ø200 0,5 m	4,25	7,5	9,5	8	6,25	4,5	5,75	3,5	
	útlum koncovým odrazem 0,014 m ²	21,0	15,5	10,1	5,5	2,3	0,7	0,2	0,1	
L _W	hluk ve výustce	36,33	37,08	47,56	57,54	61,61	62,36	53,11	52,36	66
L ₁	vlastní hluk výustky									16,5
L ₅	hluk vystupující z výustky									66
K ₁	korekce na počet výustek 1 ks									0
L	hluk všech přívodních výustek									66
L _W	hluk ve výustce - bez tlumiče	36,33	37,08	47,56	57,54	61,61	62,36	53,11	52,36	66
	útlum tlumiče hluku	7	11	16	29	45	40	32	23	
L _W	hluk ve výustce - s tlumičem	29,33	26,08	31,56	28,54	16,61	22,36	21,11	29,36	37
L ₁	vlastní hluk výustky									16,5
L ₅	hluk vystupující z výustky									37
K ₁	korekce na počet výustek 1 ks									0
L	hluk všech přívodních výustek									37

Zařízení č. 1 - odvod - sání										
f	frekvence	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součet
L _{VENT}	hluk ventilátoru	39	42	54	61	60	56	52	49	65
D _p	přirozený útlum									
	rovné potrubí 5,2 m	3,12	3,12	2,34	1,56	1,04	1,04	1,04	1,04	
	oblouky 2 ks	0	0	0	2	4	6	6	6	
	odbočka z hl. větve	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	
	odbočka k výustce	4,19	4,19	4,19	4,19	4,19	4,19	4,19	4,19	
	ohébné potrubí Ø200 0,5 m	4,25	7,5	9,5	8	6,25	4,5	5,75	3,5	
	útlum koncovým odrazem 0,014 m ²	21,0	15,5	10,1	5,5	2,3	0,7	0,2	0,1	
L _W	hluk ve výustce	26,13	25,88	36,66	43,94	43,21	38,96	33,71	32,96	48
L ₁	vlastní hluk výustky									16,5
L ₅	hluk vystupující z výustky									48
K ₁	korekce na počet výustek 1 ks									0
L	hluk všech přívodních výustek									48
L _W	hluk ve výustce - bez tlumiče	26,13	25,88	36,66	43,94	43,21	38,96	33,71	32,96	48
	útlum tlumiče hluku	7	11	16	29	45	40	32	23	
L _W	hluk ve výustce - s tlumičem	19,13	14,88	20,66	14,94	-1,79	-1,04	1,71	9,96	24
L ₁	vlastní hluk výustky									16,5
L ₅	hluk vystupující z výustky									25
K ₁	korekce na počet výustek 1 ks									0
L	hluk všech přívodních výustek									25

2.6.1.2 Zařízení č. 2

Tabulka 14: Útlum hluku na straně interiéru – zařízení č. 2

Zařízení č. 2 - přívod - výtlač										
f	frekvence	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součet
L _{VENT}	hluk ventilátoru	47	56	73	77	83	75	72	69	85
D _p	přirozený útlum									
	rovné potrubí 16,1 m	9,66	9,66	4,83	2,42	2,42	2,42	2,42	2,42	
	oblouky 4 ks	0	0	4	8	12	12	12	12	
	odbočka z hl. větve	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
	odbočka k výustce	8,73	8,73	8,73	8,73	8,73	8,73	8,73	8,73	
	ohébné potrubí Ø315 0,5 m	3,75	6,75	8,75	7,25	5,5	4	5,25	3	
	útlum koncovým odrazem 0,715 m ²	6,1	2,7	0,9	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	
L _W	hluk ve výustce	24,80	30,80	46,63	50,54	54,29	47,79	43,54	42,79	57
L ₁	vlastní hluk výustky									
L ₅	hluk vystupující z výustky									
K ₁	korekce na počet výustek 6 ks									
L	hluk všech přívodních výustek									
L _W	hluk ve výustce - bez tlumiče	24,80	30,80	46,63	50,54	54,29	47,79	43,54	42,79	57
	útlum tlumiče hluku	7	11	16	29	45	40	32	23	
L _W	hluk ve výustce - s tlumičem	17,80	19,80	30,63	21,54	9,29	7,79	11,54	19,79	32
L ₁	vlastní hluk výustky									
L ₅	hluk vystupující z výustky									
K ₁	korekce na počet výustek 6 ks									
L	hluk všech přívodních výustek									

Zařízení č. 2 - odvod - sání										
f	frekvence	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součet
L _{VENT}	hluk ventilátoru	38	59	65	65	63	61	60	56	71
D _p	přirozený útlum									
	rovné potrubí 15,7 m	9,42	9,42	4,71	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	
	oblouky 4 ks	0	0	4	8	12	12	12	12	
	odbočka z hl. větve	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
	odbočka k výustce	8,73	8,73	8,73	8,73	8,73	8,73	8,73	8,73	
	ohébné potrubí Ø315 0,5 m	3,75	6,75	8,75	7,25	5,5	4	5,25	3	
	útlum koncovým odrazem 0,715 m ²	6,1	2,7	0,9	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	
L _W	hluk ve výustce	16,04	34,04	38,75	38,60	34,35	33,85	31,60	29,85	44
L ₁	vlastní hluk výustky									
L ₅	hluk vystupující z výustky									
K ₁	korekce na počet výustek 6 ks									
L	hluk všech přívodních výustek									
L _W	hluk ve výustce - bez tlumiče	16,04	34,04	38,75	38,60	34,35	33,85	31,60	29,85	44
	útlum tlumiče hluku	7	11	16	29	45	40	32	23	
L _W	hluk ve výustce - s tlumičem	9,04	23,04	22,75	9,60	0,00	0,00	-0,40	6,85	26
L ₁	vlastní hluk výustky									
L ₅	hluk vystupující z výustky									
K ₁	korekce na počet výustek 6 ks									
L	hluk všech přívodních výustek									

Výpočet hladiny akustického tlaku od zařízení č. 2 v místnosti č. 811 – Open space

- Bez tlumiče hluku:

$$Q = 2; r = 1,4 \text{ m}$$

$$L_{W,S} = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 65} + 10^{0,1 \cdot 52}) = 65 \text{ dB}$$

$$A = \alpha \cdot S = 0,2 \cdot 715 = 143 \text{ m}^2$$

$$L_P = L_{W,S} + 10 \cdot \log\left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} + \frac{4}{A}\right) = 65 + 10 \cdot \log\left(\frac{2}{4 \cdot \pi \cdot 1,4^2} + \frac{4}{143}\right) = 55,38 \text{ dB}$$

- S tlumičem hluku Greif GE 250x500x1000

$$Q = 2; r = 1,4 \text{ m}$$

$$L_{W,S} = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 42} + 10^{0,1 \cdot 40}) = 44 \text{ dB}$$

$$A = \alpha \cdot S = 0,2 \cdot 715 = 143 \text{ m}^2$$

$$L_P = L_{W,S} + 10 \cdot \log\left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} + \frac{4}{A}\right) = 44 + 10 \cdot \log\left(\frac{2}{4 \cdot \pi \cdot 1,4^2} + \frac{4}{143}\right) = 34,38 \text{ dB}$$

2.6.2 Šíření hluku do exteriéru**2.6.2.1 Zařízení č. 1****Tabulka 15:** Zařízení č. 1 – šíření hluku do exteriéru

Zařízení č. 1 - přívod - sání										
f	frekvence	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součet
L _{VENT}	hluk ventilátoru	41	43	54	61	60	55	50	47	65
D _p	přirozený útlum									
	rovné potrubí 1 m	0,60	0,60	0,45	0,30	0,20	0,20	0,20	0,20	
	oblouky 0 ks	0	0	0	0	0	0	0	0	
	odbočka z hl. větve	0	0	0	0	0	0	0	0	
	odbočka k výustce	0	0	0	0	0	0	0	0	
	ohébné potrubí 0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	
	útlum koncovým odrazem	0	0	0	0	0	0	0	0	
L _W	hluk v přívodním potrubí	40,40	42,40	53,55	60,70	59,80	54,80	49,80	46,80	65
L	hluk vycházející z přívodního potrubí									

Zařízení č. 1 - odvod - výtlač										
f	frekvence	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součet
L _{VENT}	hluk ventilátoru	43	48	62	69	73	73	66	63	77
D _p	přirozený útlum									
	rovné potrubí 1 m	0,60	0,60	0,45	0,30	0,20	0,20	0,20	0,20	
	oblouky 0 ks	0	0	0	0	0	0	0	0	
	odbočka z hl. větve	0	0	0	0	0	0	0	0	
	odbočka k výustce	0	0	0	0	0	0	0	0	
	ohébné potrubí 0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	
	útlum koncovým odrazem	0	0	0	0	0	0	0	0	
L _W	hluk v odvodním potrubí	42,40	47,40	61,55	68,70	72,80	72,80	65,80	62,80	77
L	hluk vycházející z odvodního potrubí									

Výpočet hladiny akustického tlaku od zařízení č. 1 v exteriéru

$$Q = 2; r = 10 \text{ m}$$

$$L_{W,S} = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 65} + 10^{0,1 \cdot 77}) = 77 \text{ dB}$$

$$L_P = L_{W,S} + 10 \cdot \log\left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2}\right) = 77 + 10 \cdot \log\left(\frac{2}{4 \cdot \pi \cdot 10^2}\right) = 49 \text{ dB}$$

Maximální přípustná hodnota hladiny akustického tlaku v okolí dané budovy ve vzdálenosti 10 m je ve dne 50 dB a v noci 40 dB. V noci nebudou na pracovišti přítomni lidé, proto bude výkon VZT jednotky snížen na 60 %. Není tedy nutné navrhovat tlumič hluku na straně exteriéru.

2.6.2.2 Zařízení č. 2**Tabulka 16:** Zařízení č. 2 – šíření hluku do exteriéru

Zařízení č. 2 - přívod - sání										
f	frekvence	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součet
L _{VENT}	hluk ventilátoru	38	46	61	59	57	51	45	43	64
D _p	přirozený útlum									
	rovné potrubí 1,1 m	0,66	0,66	0,33	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	
	oblouky 0 ks	0	0	0	0	0	0	0	0	
	odbočka z hl. větve	0	0	0	0	0	0	0	0	
	odbočka k výustce	0	0	0	0	0	0	0	0	
	ohébné potrubí 0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	
	útlum koncovým odrazem	0	0	0	0	0	0	0	0	
L _W	hluk v přívodním potrubí	37,34	45,34	60,67	58,84	56,84	50,84	44,84	42,84	64
L	hluk vycházející z přívodního potrubí									64

Zařízení č. 2 - odvod - výtlak										
f	frekvence	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součet
L _{VENT}	hluk ventilátoru	43	63	66	71	69	66	62	58	75
D _p	přirozený útlum									
	rovné potrubí 1,1 m	0,66	0,66	0,33	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	
	oblouky 0 ks	0	0	0	0	0	0	0	0	
	odbočka z hl. větve	0	0	0	0	0	0	0	0	
	odbočka k výustce	0	0	0	0	0	0	0	0	
	ohébné potrubí 0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	
	útlum koncovým odrazem	0	0	0	0	0	0	0	0	
L _W	hluk v odvodním potrubí	42,34	62,34	65,67	70,84	68,84	65,84	61,84	57,84	75
L	hluk vycházející z odvodního potrubí									75

Výpočet hladiny akustického tlaku od zařízení č. 1 v exteriéru

$$Q = 2; r = 10 \text{ m}$$

$$L_{W,S} = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 66} + 10^{0,1 \cdot 75}) = 75 \text{ dB}$$

$$L_P = L_{W,S} + 10 \cdot \log\left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} + \frac{4}{A}\right) = 75 + 10 \cdot \log\left(\frac{2}{4 \cdot \pi \cdot 10^2}\right) = 47 \text{ dB}$$

Maximální přípustná hodnota hladiny akustického tlaku v okolí dané budovy ve vzdálenosti 10 m je ve dne 50 dB a v noci 40 dB. V noci nebudou na pracovišti přítomni lidé, proto bude výkon VZT jednotky snížen na 60 %. Není tedy nutné navrhovat tlumič hluku na straně exteriéru.

2.7 Izolace potrubí

Izolace potrubí byly navrženy k zamezení kondenzace vodních par na stěnách potrubí a k eliminaci tepelných zisků a ztrát dopravovaného vzduchu. K návrhu byl použit software TERUNA [19]. Na přívodním i odvodním potrubí, které se nachází ve strojovně, byla použita izolace z minerální vlny s hliníkovou fólií tloušťky 60 mm, na přívodním potrubí vedoucím ze strojovny do obsluhovaných místností tloušťky 40 mm. Jedná se o izolaci TECHROCK 40 ALS od firmy Rockwool se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,037 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. Navržené izolace jsou použity stejně u obou zařízení.

Ukázky z návrhu v softwaru TERUNA

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis:

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimalní tloušťka izolace - graf Tisk OK

$t_o[^\circ\text{C}] = 30$
 $RH_o[\%] = 60$
 $a[\text{mm}] = 200$
 $b[\text{mm}] = 400$
 $D[\text{mm}] = 0$
☒ Hranaté potrubí ☐ Kruhové potrubí

$tvst[^\circ\text{C}] = 34.39$
 $tvst[^\circ\text{C}] = 34.4$
 $RH[\%] = 37$
 $D[\text{mm}] = 0$
 $Délka[\text{mm}] = 995$

$tpo[^\circ\text{C}] = 30.27$
 $tro[^\circ\text{C}] = 21.38$
 $tpv[^\circ\text{C}] = 34.21$
 $trv[^\circ\text{C}] = 17.59$
 $tl[\text{mm}] = 60$

Průtok vzduchu $[\text{m}^3/\text{h}]$: 1350
 Tepelná vodivost izolace $[\text{W}/\text{mK}]$: 0.037
 Potrubí je situováno v prostředí:
☐ Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
☒ S mírným pohybem vzduchu (místnost)
☐ Venkovním (povětrnostní vlivy)
 Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí $[\text{W}]$: -4.2

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis: Zařízení č. 2 - odvod - sání (strojovna) - zima

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimalní tloušťka izolace - graf Tisk OK

$t_o[^\circ\text{C}] = 20$
 $RH_o[\%] = 40$
 $a[\text{mm}] = 200$
 $b[\text{mm}] = 400$
 $D[\text{mm}] = 0$
☒ Hranaté potrubí ☐ Kruhové potrubí

$tvst[^\circ\text{C}] = 22$
 $tvst[^\circ\text{C}] = 22$
 $RH[\%] = 35$
 $D[\text{mm}] = 0$
 $Délka[\text{mm}] = 4200$

$tpo[^\circ\text{C}] = 20.13$
 $tro[^\circ\text{C}] = 6.01$
 $tpv[^\circ\text{C}] = 21.96$
 $trv[^\circ\text{C}] = 5.85$
 $tl[\text{mm}] = 60$

Průtok vzduchu $[\text{m}^3/\text{h}]$: 7280
 Tepelná vodivost izolace $[\text{W}/\text{mK}]$: 0.037
 Potrubí je situováno v prostředí:
☐ Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
☒ S mírným pohybem vzduchu (místnost)
☐ Venkovním (povětrnostní vlivy)
 Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí $[\text{W}]$: -8.24

3 PROJEKT

Vzduchotechnika administrativních prostor

3.1 Technická zpráva

3.1.1 Všeobecné vstupní údaje

Jedná se o projektovou dokumentaci pro stavební povolení. Předmětem této projektové dokumentace je návrh koncepce vzduchotechniky a chlazení pro osmé patro administrativní budovy, která se nachází v Brně. Navržený systém splňuje předepsané hygienické požadavky pro výměnu vzduchu a je schopný pokrýt tepelné zisky a ztráty objektu.

Podklady pro zpracování

Hlavním podkladem pro vypracování koncepce vzduchotechniky byla projektová dokumentace architektonicko-stavebního řešení dané části objektu. Dále byly použity technické podklady výrobců použitých zařízení a příslušné zákony, vyhlášky a České technické normy.

- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů
- Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb
- ČSN 73 0548 - Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů (1986)
- ČSN 12 7010 - Navrhování větracích a klimatizačních zařízení (2014)
- ČSN 73 0540 – 2 - Tepelná ochrana budov - požadavky (2011 + Z1 2012)
- ČSN 73 0540 – 3 - Tepelná ochrana budov - návrhové hodnoty veličin (2005)
- ČSN 73 0540 – 4 - Tepelná ochrana budov - výpočtové metody (2005)
- ČSN 73 0802 - Požární bezpečnost staveb (1977)
- ČSN 73 0872 - Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízení (1996)
- Podklady výrobců – Elektrodesign, Remak, Toshiba

Návrhové parametry vnějšího vzduchu

- Místo stavby: Brno
- Letní období: $t_e = 34,4\text{ °C}$, $\varphi_e = 69\%$
- Zimní období: $t_e = -12\text{ °C}$, $\varphi_e = 95\%$

Návrhové parametry vzduchu v interiéru

- Letní období: $t_i = 25\text{ °C}$, $\varphi_i = 50\%$
- Zimní období: $t_i = 22\text{ °C}$, $\varphi_i = 35\%$

Rychlost proudění vzduchu v pobytové zóně je maximálně 0,2 m/s. Hluk vyhovuje požadavkům normy. Tyto parametry byly použity pro všechny místnosti z obou zón.

Dávky vzduchu na osobu nebo zařízení

- osoba (v kanceláři) 50 m³/h
- WC 50 m³/h
- pisoár 25 m³/h
- umyvadlo 30 m³/h

3.1.2 Koncepce řešení

Předmětem této práce se stalo osmé podlaží jedenáctipodlažní budovy nacházející se v Brně. Na tomto podlaží jsou umístěna dvě oddělená administrativní pracoviště, proto bylo i při návrhu vzduchotechnických zařízení nutné s touto skutečností uvažovat.

Prostor je obsluhován následujícími zařízeními:

- Zařízení č. 1 – Teplovzdušné větrání kanceláří se zázemím
- Zařízení č. 2 – Teplovzdušné větrání open space se zázemím
- Zařízení č. 3 – Chlazení vybraných místností

Zařízení č. 1 slouží pro teplovzdušné větrání několika menších kanceláří s hygienickým zázemím v západní části budovy. Kanceláře jsou navrženy v rovnotlakém provedení, komunikační prostory v mírném přetlaku a hygienická zařízení naopak v mírném podtlaku, aby bylo zamezeno vníkaní pachů a odérů do komunikačních prostor.

Východní část budovy bude teplovzdušně větrat zařízení č. 2. V této části se nachází rozlehlá open space s přiléhající zasedací místností, kanceláří ředitele a hygienickým zázemím. Open space, zasedací místnost i kancelář ředitele jsou v rovnotlaku, hygienická zázemí kvůli šíření zápachu opět v podtlaku. Na přívodu i odvodu vzduchu obou vzduchotechnických zařízení jsou instalovány předepsané filtry. Sací a výfukové otvory jsou na koncích opatřeny protidešťovými žaluziemi a sítěmi proti hmyzu. Obě vzduchotechnické jednotky jsou navrženy v souladu s normovými předpisy a s požadavky EkoDesign 2018. Pro ochranu před hlukem v interiéru jsou na přívodu i odvodu v těsné blízkosti VTZ jednotky instalovány tlumiče hluku. Hluk v exteriéru nepřekročí limitní hodnoty. VZT jednotky jsou zdrojem vibrací, proto jsou k ostatnímu potrubí připojena pružnými manžetami a jsou uložena na pružné podkladky (dodávka stavby).

Do interiéru bude vzduch dopravován čtyřhranným potrubím nebo kruhovým potrubím SPIRO. Za účelem distribuce vzduchu v místnostech jsou použity vířivé výústě a talířové ventily Ty jsou z důvodu možného vzniku vibrací na potrubí připojeny ohebnou hadicí.

Kvůli zamezení případné kondenzace vodních par, snížení hluku v potrubí a případných tepelných ztrát jsou všechny přívodní potrubí na straně interiéru izolovány minerální vlnou s hliníkovou fólií o tloušťce 40 mm. Přívodní i odvodní potrubí ve strojovně vzduchotechniky jsou pak ze stejného důvodu izolovány minerální vlnou s hliníkovou fólií v tloušťce 60 mm.

Z důvodu dosažení maximální klimatické pohody v létě i v zimě jsou vybrané místnosti vybaveny podstropními kazetovými jednotkami systému přímého chlazení VRF (zařízení č. 3), kterým lze i přitápět. Venkovní chladicí jednotka bude umístěna na ploché střeše nad jedenáctým podlažím. Celý systém je navržen jako třítrubkový. Návrh tras, dodávku zařízení a propojení venkovní jednotky s vnitřními zajišťuje profese chlazení. Napojení jednotek na elektrický proud zajistí profese silnoproud (ELE). Odvod kondenzátu od jednotek zajistí profese ZTI. Ve výkresech vzduchotechniky je zakreslena pouze poloha vnitřních podstropních jednotek.

3.1.3 Charakteristika a technický popis zařízení

3.1.3.1 Zařízení č. 1

Kompaktní rekuperační VZT jednotka DUOVENT COMPACT DV 1800 DCA DCC M5/G4 CAV EV od firmy Elektrodesign. Jednotka je navržena ve vnitřním provedení. Jde o vertikální jednotku o velikosti 1800 s vodním ohřevačem 80/60 °C, vodním chladičem 6/12 °C, vstupním filtrem M5, filtrem na odtahu G4 a polohou hrdel EV. V potrubí za jednotkou je umístěno teplotní čidlo. Na základě něj je jednotka ovládána systémem MaR.

Jednotka obsluhuje menší kanceláře a k nim náležící hygienické a komunikační místnosti. Do prostor bude celoročně přivádět 1350 m³ čerstvého vzduchu za hodinu. V zimě bude zařízení sloužit k předehřátí venkovního vzduchu na teplotu 23 °C, půjde tedy o teplovzdušné větrání, které ovšem nepokryje celkové tepelné ztráty v kancelářích. Zde bude v zimě přitápěno zařízením č. 3 – systém VRF. V letním období VZT jednotka ochladí venkovní vzduch ve vodním chladiči na 18 °C a bude sloužit pouze k nucené výměně vzduchu. Tepelnou zátěž v kancelářích pokryje samostatný zdroj chladu (zařízení 3). Těsně za jednotkou směrem k interiéru jsou umístěny buňkové tlumiče hluku společnosti Greif. Přívodní i odvodní potrubí ve strojovně je tepelně i protihlukově izolováno minerální vatou s hliníkovou fólií tloušťky 60 mm. Dále do interiéru je přívodní potrubí izolováno minerální vatou s hliníkovou fólií tloušťky 40 mm. Distribuce vzduchu je zajištěna čtyřhranným potrubím nebo kruhovým potrubím SPIRO z pozinkovaného plechu. Potrubní rozvody budou namontovány jako vzduchotěsné. Potrubí je vedeno v podhledu a je zavěšeno na ocelových závěsech ukotvených do nosné konstrukce stropu. Pro distribuci vzduchu v místnostech je užito vířivých vyústí a talířových ventilů. Distribuční elementy budou k ocelovému potrubí připojeny pomocí ohebné hadice.

Kanceláře jsou navrženy jako rovnotlaké. V hygienických místnostech je vytvořen podtlak kvůli zabránění šíření zápachů do komunikačních prostor. Chybějící vzduch je do hygienických prostor přiváděn dveřními mřížkami a netěsnostmi ve stavebních konstrukcích z chodby, která je naopak navržena jako přetlaková.

3.1.3.2 Zařízení č. 2

Sestavná jednotka AeroMaster XP 13 ve vnitřním provedení od firmy REMAK. K návrhu byl použit návrhový systém. Jednotka obsahuje deskový rekuperátor, vodní ohřevač, vodní chladič, parní zvlhčovač a filtrem přívodního vzduchu M5 a filtrem odpadního vzduchu G4. V potrubí za jednotkou je umístěno teplotní čidlo. Na základě něj je jednotka ovládána systémem MaR.

Jednotka obsluhuje menší kanceláře a k nim náležící hygienické a komunikační místnosti. Do prostor bude celoročně přivádět 1350 m³ čerstvého vzduchu za hodinu. V zimě bude zařízení sloužit k předehřátí venkovního vzduchu na teplotu 23 °C, půjde tedy o teplovzdušné větrání, které ovšem nepokryje celkové tepelné ztráty v kancelářích. Zde bude v zimě přitápěno zařízením č. 3 – systém VRF. V letním období VZT jednotka ochladí venkovní vzduch ve vodním chladiči na 18 °C a bude sloužit pouze k nucené výměně vzduchu. Tepelnou zátěž v kanceláři ředitele a v zasedací místnosti pokryje samostatný zdroj chladu (zařízení č. 3).

Těsně za jednotkou směrem k interiéru jsou umístěny buňkové tlumiče hluku společnosti Greif. Přívodní i odvodní potrubí ve strojovně je tepelně i protihlukově izolováno minerální vatou s hliníkovou fólií tloušťky 60 mm. Dále do interiéru je přívodní potrubí izolováno minerální vatou s hliníkovou fólií tloušťky 40 mm. Distribuce vzduchu je zajištěna čtyřhranným potrubím nebo kruhovým potrubím SPIRO z pozinkovaného plechu. Potrubní rozvody budou namontovány jako vzduchotěsné. Potrubí je vedeno v podhledu a je zavěšeno na ocelových závěsech ukotvených do nosné konstrukce stropu. Pro

distribuci vzduchu v místnostech je užito vířivých vyústí a talířových ventilů. Distribuční elementy budou k ocelovému potrubí připojeny pomocí ohebné hadice.

Kancelář ředitele, zasedací místnost a open space jsou navrženy jako rovnotlaké. V hygienických místnostech je vytvořen podtlak kvůli zabránění šíření zápachů do komunikačních prostor. Chybějící vzduch je do hygienických prostor přiváděn dveřními mřížkami a netěsnostmi ve stavebních konstrukcích z chodby, která je naopak navržena jako přetlaková.

3.1.3.3 Zařízení č. 3

Chladivový systém VRF od firmy Toshiba bude sloužit v letním období k vychlazení některých místností, ve kterých VZT (zařízení č. 1 a 2) nepokryje tepelnou zátěž. V zimním období bude využit k přitápění. V místnostech jsou instalovány stropní kazetové jednotky s cirkulací vzduchu. Jednotky musí být napojeny na odvod kondenzátu kvůli kondenzaci vodní páry v letním období. Venkovní jednotka je umístěna na střeše budovy. Systém je řešený jako třítrubkový. Venkovní jednotka bude s vnitřními propojena měděným potrubím.

3.1.4 Požadavky na související profese

Měření a regulace

Navržené vzduchotechnické a klimatizační systémy budou řízeny a regulovány samostatným systémem MaR.

Profese MaR zjistí:

- signalizace zanesení filtrů
- ovládání chodu ventilátorů frekvenčními měniči v závislosti na zanášení filtrů
- umístění teplotních a vlhkostních čidel
- signalizace poruch
- regulace teploty přiváděného vzduchu
- ovládání regulačních klapek ve VZT jednotkách
- zapnutí a vypnutí, regulace, signalizace chodu a poruchy VRF systému

Stavba

Je zapotřebí zajistit tato opatření a stavební úpravy:

- vybudovat dostatečně únosný systém ve strojovně vzduchotechniky
- zajistit pružné uložení VZT jednotek
- vybudovat nosnou ocelovou konstrukci na střeše budovy pro zdroj chladu včetně zábradlí
- zajistit prostupy konstrukcemi pro VZT potrubí včetně zapravení a úklidu
- zajistit prostupy konstrukcemi pro Cu potrubí včetně zapravení a úklidu
- protihlukově odizolovat strojovnu vzduchotechniky od přilehlých místností
- zajistit dodávku dveřních mřížek dle specifikace

Chlazení

Profese chlazení zajistí:

- návrh tras měděného potrubí
- dodávku navržených vnitřních a venkovních jednotek
- propojení venkovní chladicí jednotky s vnitřními

Silnoproud

Profese ELE zajistí:

- silové napojení všech zařízení a elektrických spotřebičů dle tabulky výkonů
- jištění všech napojených zařízení
- uzemnění zdroje chladu na střeše
- označení všech prvků připojených k elektrické síti výstražným štítkem

Zdravotechnické instalace

Profese ZTI zajistí:

- odvod kondenzátu od vnitřních klimatizačních jednotek do odpadního potrubí přes zápachovou uzávěrku
- odvod kondenzátu vznikajícího při zpětném získávání tepla, chlazení a parním vlhčení ve VZT jednotkách do odpadního potrubí přes zápachovou uzávěrku

Ústřední topení

Profese ÚT zajistí:

- napojení vodních ohříváčů VZT jednotek na otopnou vodu

3.1.5 Izolace a nátěry

Izolace

Přívodní i odvodní potrubí ve strojovně je izolováno minerální vatou s hliníkovou fólií TECHROCK 40 ALS tloušťky 60 mm od firmy Rockwool. Dále do interiéru je přívodní potrubí izolováno minerální vatou s hliníkovou fólií TECHROCK 40 ALS tloušťky 40 mm. Izolace brání kondenzaci vodních par na povrchu potrubí, omezují tepelné zisky a ztráty během dopravy vzduchu a částečně tlumí hluk v potrubí.

Požární izolace nejsou v tomto případě vyžadovány. Jedná se o jeden požární úsek.

Nátěry

Potrubní rozvody budou zhotoveny z pozinkovaného plechu. Tento materiál není třeba chránit nátěry.

3.1.6 Nároky na energie

Číslo zařízení; pozice	Název	Ventilátor			Elektřina				Ohřev			Chlazení				Ovládání	
		Přívod/odvod	Množství vzduchu	Externí tlak	Počet	Elektrický příkon	Elektrický příkon celkem	Elektrický proud	Napětí/frekvence	Topný výkon	Přítok média	Tlaková ztráta	Chladivo	Chladicí výkon	Přítok média		Tlaková ztráta
1	Teplovzdušné větrání																
1.01	Centrální VZT jednotka																
	přívodní ventilátor	P	1350	350	1	0,669	0,669	2,9	3x400V/50Hz	13,1	0,57	12					EC motor řízený MaR
	vodní ohřivač																směšovací uzel - MaR
	vodní chladič												voda	12,4	1,78	14	rozdělovací uzel - MaR
	odvodní ventilátor	O	1370	350	1	0,505	0,505	2,2	3x400V/50Hz								EC motor řízený MaR
2	Teplovzdušné větrání																
2.01	Centrální VZT jednotka																
	přívodní ventilátor	P	7210	250	1	2,2	2,2	6,36	3x400V/50Hz	45,7	1,37	0,8					EC motor řízený MaR
	vodní ohřivač																směšovací uzel - MaR
	vodní chladič												voda	21,0	3,00	1,0	rozdělovací uzel - MaR
	odvodní ventilátor	O	7280	250	1	1,56	1,56	5,80	3x400V/50Hz								EC motor řízený MaR
3	Systém VRF																
3.01	Venkovní jednotka		12200		1	12,74	12,74	19,92	3x380V/50Hz	40,0			R410A	40,0			regulace MaR
3.02	Vnitřní jednotka MMU-AP0154HP1-E		830		7	0,023	0,023	0,27	230/50	5,0			R410A	4,5			
3.03	Vnitřní jednotka MMU-AP0124HP1-E		730		1	0,021	0,021	0,22	230/50	4,00			R410A	3,6			

3.1.7 Protipožární opatření

V daných prostorách není vyžadováno žádné protipožární opatření vzduchotechnických zařízení. Jedná se o jeden požární úsek.

3.1.8 Montáž, provoz, obsluha a údržba zařízení

- Montáž všech zařízení a rozvodů bude provedena odbornou firmou.
- Během montáže budou dodržována všechna bezpečnostní opatření v souladu s platnými právními předpisy.
- Veškerá zařízení musí být po montáži vyzkoušena a seřizena dle požadavků MaR.
- Uživatel musí být seznámen s obsluhou, provozem a údržbou zařízení.
- Z důvodu velké prostorové náročnosti budou rozvody VZT potrubí provedeny přednostně před ostatními profesemi.
- Zařízení budou řízena samostatným systémem MaR.
- VZT jednotky budou pružně uloženy.
- Sání i výfuk VZT jednotek bude opatřen protidešťovou žaluzií a sítěmi proti hmyzu.
- Zařízení smí obsluhovat pouze řádně vyškolený personál.
- Musí být zajištěn snadný přístup ke všem zařízením.
- Zařízení musí být pravidelně kontrolováno a udržováno.

3.1.9 Závěr technické zprávy

Navržená koncepce je schopná zajistit optimální mikroklima v řešených prostorách objektu a pokrýt tak tepnou ztrátu a tepelné zisky. Veškerá zařízení splňují hygienické požadavky dle platných předpisů a norem.

3.2 Tabulka místností

Místnost						Tepelná bilance		Přívod	Odvod
Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha	Světlná výška	Objem	Počet osob	Tepelné zisky	Tepelná ztráta	Přívod	Odvod
		A	S.V.	V _m		Q _l	Q _z	V _p	V _o
		[m ²]	[m]	[m ³]	[-]	[W]	[W]	[m ³ ·h ⁻¹]	[m ³ ·h ⁻¹]
Zařízení č. 1 - nucené větrání jednotlivých kanceláří se zázemím									
809	chodba	51,13	3,5	179,0	-	-	-	150	100
814	WC ženy	7,12	3,5	24,9	-	-	-	150	160
815	úklidová m.	1,74	3,5	6,1	-	-	-	-	50
816	WC muži	5,61	3,5	19,6	-	-	-	100	110
817	kuchyňka	3,57	3,5	12,5	-	-	-	50	50
824	kancelář	22,54	3,5	78,9	3	4359,2	263,9	150	150
825	kancelář	22,54	3,5	78,9	3	4359,2	263,9	150	150
826	kancelář	22,54	3,5	78,9	3	4359,2	263,9	150	150
827	kancelář	22,54	3,5	78,9	3	4359,2	263,9	150	150
828	kancelář	22,54	3,5	78,9	3	4359,2	263,9	150	150
829	kancelář	22,54	3,5	78,9	3	4359,2	398,7	150	150
								1350	1370

Zařízení č. 2 - nucené větrání open space se zázemím									
810	ředitelna	17,55	3,5	61,4	1	3598,1	644,9	100	100
811	open space	232,0	3,5	812,0	25	14281,8	2251,1	6060	6060
812	zasedací m.	42,90	3,5	150,2	15	4266,0	644,7	750	750
818	kuchyňka	3,57	3,5	12,5	-	-	-	50	50
819	WC muži	5,61	3,5	19,6	-	-	-	100	110
820	úklidová m.	1,74	3,5	6,1	-	-	-	-	50
821	WC ženy	7,12	3,5	24,9	-	-	-	150	160
822	server	2,10	3,5	7,4	-	-	-	-	-
								7210	7280

3.3 Technická specifikace

Zařízení č. 1 - Teplovzdušné větrání				
1.01	Elektrodesign	Kompaktní rekuperační VZT jednotka DUOVENT COMPCT DV 1800 DCA DCC M5/G4 CAV EV vnitřní provedení, rám se stavitelnými nohami EC motor s plynulou regulací výkonu přívodní a odvodní ventilátor s fm měničem pružné manžety pro připojení k potrubí vodní ohřívač, vodní chladič fitrace na přívodu M5, filtrace na odvodu G4 rekuperační protiproudý výměník s oddělenými proudy s bypassem a uzavírací klapkou vybavení jednotky prvky MaR - dodávka MaR	ks	1
1.02	Greif	Tlumič hluku buňkový 500x500 2x buňka GE 250x500x1000	ks	2
1.03	Mandík	Regulační klapka čtyřhranná těsná RKTm 400x200	ks	2
1.04	Mandík	Vířivá vyúst' VVM 600 C/V/P/16/R	ks	6
1.05	Mandík	Vířivá vyúst' VVM 600 C/V/O/16/R	ks	6
1.06	Mandík	Talířový ventil TVPM 100	ks	3
1.07	Mandík	Talířový ventil TVPM 160	ks	1
1.08	Mandík	Talířový ventil TVPM 125	ks	1
1.09	Mandík	Dveřní mřížka VNM 400x75	ks	1
1.10	Mandík	Talířový ventil TVOM 100	ks	8
1.11	Mandík	Protidešťová žaluzie PDZM 40 400x200-.222	ks	2
1.12	Mandík	Regulační klapka kruhová těsná RKKTM Ø200	ks	2
1.13	Elektrodesign	Kruhové pozinkované SPIRO potrubí Ø100 (vč. tvarovek)	bm	19
		Kruhové pozinkované SPIRO potrubí Ø125 (vč. tvarovek)	bm	8
		Kruhové pozinkované SPIRO potrubí Ø140 (vč. tvarovek)	bm	3
		Kruhové pozinkované SPIRO potrubí Ø160 (vč. tvarovek)	bm	10
		Kruhové pozinkované SPIRO potrubí Ø180 (vč. tvarovek)	bm	3
		Kruhové pozinkované SPIRO potrubí Ø200 (vč. tvarovek)	bm	9
1.14	M-art	Čtyřhranné pozinkované potrubí skupiny I (vč. tvarovek)	m ²	53
1.15	Elektrodesign	Ohebná hadice Sonoflex s izolací tl. 25 mm Ø100	bm	11
		Ohebná hadice Sonoflex s izolací tl. 25 mm Ø125	bm	1
		Ohebná hadice Sonoflex s izolací tl. 25 mm Ø160	bm	1
1.16	Rockwool	Tepelná a protihluková izolace TECHROCK 40 ALS tl. 40 mm	m ²	41
1.17	Rockwool	Tepelná a protihluková izolace TECHROCK 40 ALS tl. 60 mm	m ²	18
Zařízení č. 2 - Teplovzdušné větrání				
2.01	REMAK	Sestavná VZT jednotka AeroMaster XP 13 vnitřní provedení, rám se stavitelnými nohami vývody na čelních plochách, vodní ohřívač, vodní chladič, přívodní a odvodní ventilátor s fm měničem pružné manžety pro připojení k potrubí fitrace na přívodu M5, filtrace na odvodu G4 deskový rekuperátor s integrovaným směřováním vybavení jednotky prvky MaR - dodávka MaR	ks	1

2.02	Greif	Tlumič hluku buňkový 1250x1000 10x buňka GE 250x500x1000	ks	2
2.03	Mandík	Regulační klapka čtyřhranná těsná RKTМ 900x500 (atyp)	ks	2
2.04	Mandík	Vířivá vyúst' VVM 825 C/V/P/72/R	ks	6
2.05	Mandík	Vířivá vyúst' VVM 825 C/V/O/72/R	ks	6
2.06	Mandík	Vířivá vyúst' VVM 600 C/V/P/16/R	ks	3
2.07	Mandík	Vířivá vyúst' VVM 600 C/V/O/16/R	ks	3
2.08	Mandík	Talířový ventil TVPM 160	ks	1
2.09	Mandík	Talířový ventil TVPM 125	ks	1
2.10	Mandík	Talířový ventil TVPM 100	ks	1
2.11	Mandík	Dveřní mřížka VNM 400x75	ks	1
2.12	Mandík	Talířový ventil TVOM 100	ks	6
2.13	Mandík	Vířivá vyúst' VVM 300 C/V/P/8/R	ks	1
2.14	Mandík	Vířivá vyúst' VVM 300 C/V/O/8/R	ks	1
2.15	Mandík	Protidešťová žaluzie PDZM 40 900x500-.222	ks	2
2.16	Mandík	Regulační klapka kruhová těsná RKKTM Ø100	ks	2
2.17	Mandík	Regulační klapka kruhová těsná RKKTM Ø200	ks	1
2.18	Mandík	Regulační klapka kruhová těsná RKKTM Ø180	ks	1
2.19	Elektrodesign	Kruhové pozinkované SPIRO potrubí Ø100 (vč. tvarovek)	bm	23
		Kruhové pozinkované SPIRO potrubí Ø125 (vč. tvarovek)	bm	4
		Kruhové pozinkované SPIRO potrubí Ø140 (vč. tvarovek)	bm	10
		Kruhové pozinkované SPIRO potrubí Ø160 (vč. tvarovek)	bm	5
		Kruhové pozinkované SPIRO potrubí Ø180 (vč. tvarovek)	bm	8
		Kruhové pozinkované SPIRO potrubí Ø200 (vč. tvarovek)	bm	3
2.20	M-art	Čtyřhranné pozinkované potrubí skupiny I (vč. tvarovek)	m ²	262
2.21	Elektrodesign	Ohebná hadice Sonoflex s izolací tl. 25 mm Ø100	bm	8
		Ohebná hadice Sonoflex s izolací tl. 25 mm Ø125	bm	3
		Ohebná hadice Sonoflex s izolací tl. 25 mm Ø160	bm	1
2.22	Rockwool	Tepelná a protihluková izolace TECHROCK 40 ALS tl. 40 mm	m ²	105
2.23	Rockwool	Tepelná a protihluková izolace TECHROCK 40 ALS tl. 60 mm	m ²	61

Zařízení č. 3 - Klimatizace vybraných místností

3.01	Toshiba	Venkovní VRF chladicí zařízení typ MMY-MAP1406FT8P-E třítrubkový systém, chladicí výkon 56 kW regulace - dodávka MaR	ks	1
3.02	Toshiba	Vnitřní kazetová jednotka 4cestná MMU-AP0154HP1-E	ks	7
3.03	Toshiba	Vnitřní kazetová jednotka 4cestná MMU-AP0124HP1-E	ks	1
3.04		Cu potrubí (dodávka CHL)		
3.05		Gumové potrubí pro odvod kondenzátu (dodávka ZTI)		

LEGENDA POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a	$[m]$	šířka okna
A	$[-]$	aerodynamický součinitel
A_N	$[-]$	aerodynamický součinitel návětrné strany, běžně $A_N = 0,6$
A_Z	$[-]$	aerodynamický součinitel závětrné strany, běžně $A_Z = -0,3$
A_K	$[m^2]$	plocha konstrukce
b	$[m]$	výška okna
B	$[-]$	teplotní součinitel
d	$[m]$	průměr šachty (šachtové větrání) / tloušťka konstrukce
e_K	$[-]$	korekční činitel
$f_{i,j}$	$[-]$	součinitel redukce teploty
g	$[m/s^2]$	tíhové zrychlení
h	$[m]$	výška
$H_{T,i}$	$[W/K]$	měrná tepelná ztráta prostupem
i	$[m^2 \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-n}]$	součinitel spárové průvzdušnosti
l	$[m]$	délka spár
L_P	$[dB]$	hladina akustického tlaku
$L_{W,S}$	$[dB]$	součtová hladina akustického výkonu
n	$[-]$	průtokový exponent, běžně $n = 0,67$
O	$[m^3]$	objem místnosti
Δp	$[Pa]$	rozdíl tlaku vzduchu
Q_Z	$[W]$	tepelný zisk
R	$[m^2/K \cdot W]$	tepelný odpor
R_{Se}	$[m^2/K \cdot W]$	odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce
R_{Si}	$[m^2/K \cdot W]$	odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce
S	$[m^2]$	průřezová plocha příváděcího a odváděcího otvoru
t	$[^\circ C]$	teplota vzduchu
t_{po}	$[^\circ C]$	teplota vzduchu v pracovní oblasti
t_e	$[^\circ C]$	teplota příváděného vzduchu z exteriéru
t_o	$[^\circ C]$	teplota odváděného vzduchu
U	$[W/m^2 \cdot K]$	součinitel prostupu tepla konstrukcí
ΔU	$[-]$	korekční součinitel
w	$[m/s^2]$	rychlost větru
θ_e	$[^\circ C]$	teplota v exteriéru
$\theta_{int,i}$	$[^\circ C]$	teplota v interiéru
λ	$[-]$	součinitel tření
μ	$[-]$	výtokový součinitel závislý na úhlu otevření okna
ξ	$[-]$	ztrátový součinitel
ρ	$[kg/m^3]$	hustota vzduchu
ρ_e	$[kg/m^3]$	hustota venkovního vzduchu
ρ_i	$[kg/m^3]$	hustota vnitřního vzduchu
ρ_s	$[kg/m^3]$	střední hustota vzduchu
τ	$[s]$	doba větrání

POUŽITÉ ZROJE

Knižní a akademické zdroje

- [1] RUBINA, Aleš. *Klimatizační systémy*. Brno: Vutium, 2015. 62 s. ISBN: 978-80-214-5105- 6.
- [2] RUBINA, Aleš. *Tvorba prostředí budov vzduchotechnikou*. Brno: Vutium, 2015. 65 s. ISBN: 978-80-214-5104- 9.
- [3] ZMRHAL, Vladimír; DRKAL, František; ŠIMÁČEK, Václav. *Koncept větrání*. Praha: ČVUT, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí, 2016.
- [4] ŠIKULA, Ondřej. *Ochlazování budov*. Brno: VUT Brno, FAST, ústav technických zařízení budov, 2020. Přednášky

Zákony, vyhlášky, normy

- [5] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů
- [6] Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších předpisů
- [7] Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, ve znění pozdějších předpisů
- [8] Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb
- [9] ČSN 73 0548 - Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů (1986)
- [10] ČSN 12 7010 - Navrhování větracích a klimatizačních zařízení (2014)
- [11] ČSN 73 0540 – 2 - Tepelná ochrana budov - požadavky (2011 + Z1 2012)
- [12] ČSN 73 0540 – 3 - Tepelná ochrana budov - návrhové hodnoty veličin (2005)
- [13] ČSN 73 0540 – 4 - Tepelná ochrana budov - výpočtové metody (2005)
- [14] ČSN 73 0802 - Požární bezpečnost staveb (1977)
- [15] ČSN 73 0872 - Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízení (1996)

Elektronické zdroje

- [16] TZB-INFO.CZ. Tzb.info.cz/ [online].
Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz>
- [17] Solární komín [online].
Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vetrani-a-klimatizace/solarni-komin-v-systemech-pasivniho-vetrani-budov>

- [18] Aerační světlíky. [online].
Dostupné z: <http://www.aerolux.cz/vyrobni-program/svetliky/>
- [19] TECHNIKABUDOV.CZ, Teruna Ver. 1.5b, Počítačový program na modelaci.
- [20] Plíseň na zdi. [online].
Dostupné z: <https://www.receptyprimanapadu.cz/interier/jak-se-zbavit-plisne-na-zdech/>
- [21] Jednostranné větrání. [online].
Dostupné z: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/vetrani/25-prirozene-vetrani.html>
- [22] Samotahová hlavice. [online].
Dostupné z: <https://www.vzt-vyskocil.cz/samotahove-hlavice>
- [23] Ventilační turbína. [online].
Dostupné z: <https://www.topwet.cz>
- [24] Gravitační komínek. [online].
Dostupné z: <https://www.wirplast.cz>
- [25] Decentrální rekuperační jednotka. [online].
Dostupné z: <https://www.airtrend.cz>
- [26] Koupelnový ventilátor. [online].
Dostupné z: <https://www.ventilatory.cz>
- [27] Centrální VZT jednotka. [online].
Dostupné z: <https://www.remak.eu/cs>
- [28] Fancoil. [online].
Dostupné z: <https://www.dobraklima.cz/sinclair-sf-400h-nastenny-fan-coil>
- [29] Indukční jednotka. [online].
Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/indukcni-jednotky-minib-ucinne-a-efektivni-chlazení-topení-a-vetrání>

Podklady výrobců

- [30] REMAK a.s. AeroCAD Verze 6.8.11., Počítačový program na návrh VZT jednotek.
- [31] Vzduchotechnická jednotka ELEKTRODESIGN. [online]
Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/rekuperace-teplna-cerpadla/produkty/rekuperacni-jednotky-a-rekuperatory/komerční-průmyslové-rekuperacni-jednotky/duovent-compact-system/duovent-compact-dv>
- [32] Vířivé výústky MANDÍK. [online]
Dostupné z: <http://www.mandik.cz/produktova-rada/distribucni-elementy/anemostaty/vvm>
- [33] Talířové ventily MANDÍK. [online]
Dostupné z: <http://www.mandik.cz/produktova-rada/distribucni-elementy/dyzy-a-ventily/tvom,-tvpm>

- [34] Dveřní mřížky MANDÍK. [online]
Dostupné z: <http://www.mandik.cz/produktova-rada/distribucni-elementy/mrizky-a-vyustky/vnm>
- [35] Regulační klapky MANDÍK. [online]
Dostupné z: <http://www.mandik.cz/produktova-rada/regulacni-technika/rktm>
- [36] Protidešťové žaluzie MANDÍK. [online]
Dostupné z: <http://www.mandik.cz/produktova-rada/distribucni-elementy/vyuste-a-ostatni/pdzm>
- [37] Tlumiče hluku GREIF. [online]
Dostupné z: <http://www.greif.cz/vyrobky/tlumice-hluku.html?detail=1>
- [38] Ohebné hadice ELEKTRODESIGN. [online]
Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/uplny-sortiment/produkty/prislusenstvi-ohebne-hadice-tvarovky/ohebne-hadice>
- [39] Venkovní klimatizační jednotka TOSHIBA. [online]
Dostupné z: <https://www.toshiba-klima.at/cz/venkovni-jednotky-vrf.html>
- [40] Vnitřní klimatizační jednotka TOSHIBA. [online]
Dostupné z: <https://www.toshiba-klima.at/cz/vnitřni-jednotky-vrf.html>

PŘÍLOHY

Vzduchotechnika administrativních prostor

A. Tepelná bilance

A.1 Tepelně technické vlastnosti konstrukcí

Obvodová stěna			
VRSTVA	TEPELNÁ VODIVOST [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	TL. [m]	TEPELNÝ ODPOR [m ² .K.W ⁻¹]
omítka vápenná	0,957	0,015	0,016
Porotherm 30 profi	0,190	0,300	1,579
lover EPS 100F	0,037	0,180	4,865
omítka silikonová	0,671	0,010	0,015

ΣR	R _{SI}	R _{SE}	R _T	U	U _{POŽ.}	U _{DOP.}	posouzení
6,474	0,13	0,04	6,644	0,151	0,3	0,25	vyhovuje

Vnitřní stěna			
VRSTVA	TEPELNÁ VODIVOST [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	TL. [m]	TEPELNÝ ODPOR [m ² .K.W ⁻¹]
omítka vápenná	0,957	0,015	0,016
Porotherm 20 profi	0,250	0,200	0,800
omítka vápenná	0,957	0,015	0,016

ΣR	R _{SI}	R _{SE}	R _T	U	U _{POŽ.}	U _{DOP.}	posouzení
0,831	0,13	0,13	1,091	0,916	1,3	0,9	vyhovuje

A.2 Výpočet tepelných ztrát

Místnost č. 811 – open space

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
č.k.	Popis	A _k	U _k	ΔU	U _{kc}	e _k	A _k ·U _{kc} ·e _k
S01	Stěna vnější zateplená	36,68	0,151	0,05	0,201	1,0	7,35
O01	Okno (2,7x2,1)	5,67	1,1	0	1,1	1,0	6,24
O01	Okno (2,7x2,1)	5,67	1,1	0	1,1	1,0	6,24
O01	Okno (2,7x2,1)	5,67	1,1	0	1,1	1,0	6,24
O01	Okno (2,7x2,1)	5,67	1,1	0	1,1	1,0	6,24
O01	Okno (2,7x2,1)	5,67	1,1	0	1,1	1,0	6,24
O01	Okno (2,7x2,1)	5,67	1,1	0	1,1	1,0	6,24
O01	Okno (2,7x2,1)	5,67	1,1	0	1,1	1,0	6,24
O01	Okno (2,7x2,1)	5,67	1,1	0	1,1	1,0	6,24
O01	Okno (2,7x2,1)	5,67	1,1	0	1,1	1,0	6,24
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí: $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$							57,25

Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na jiné teploty						
č.k.	Popis	A _k	U _k	f _{ij}	A _k ·U _k ·f _{ij}	
S02	Stěna vnitřní tl. 200 mm	19,4	1,37	0,11	2,92	
D01	Dveře na veřejnou chodbu (0,9x1,97)	1,77	1,32	0,11	0,26	
S02	Stěna na veřejnou chodbu (20°C)	12,23	1,37	0,11	1,84	
D01	Dveře na veřejnou chodbu (0,9x1,97)	1,77	1,32	0,11	0,26	
Celková měrná tepelná ztráta do prostorů s rozdílnou teplotou: $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$						5,28

Celková měrná tepelná ztráta prostupem: $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,ij}$						62,53
---	--	--	--	--	--	-------

Místnost č. 809 – chodba

Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na jiné teploty					
č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$
S02	Stěna vnitřní tl. 200 mm	15,67	0,916	0,11	1,58
D01	Dveře interiérové (0,9x1,97)	1,77	1,32	0,11	0,26
D02	Dveře interiérové (1,45x1,97)	2,86	1,32	0,11	0,42
Celková měrná tepelná ztráta do prostorů s rozdílnou teplotou: $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$					2,25
Celková měrná tepelná ztráta prostupem: $H_{T,i} = H_{T,ij}$					2,25

Místnost č. 812 – zasedací místnost

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
č.k.	Popis	A _k	U _k	ΔU	U _{kc}	e _k	A _k ·U _{kc} ·e _k
S01	Stěna vnější zateplená	11,56	0,151	0,05	0,201	1,0	2,32
O02	Okno (2,665x2,1)	5,6	1,1	0	1,1	1,0	6,16
O02	Okno (2,665x2,1)	5,6	1,1	0	1,1	1,0	6,16
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí: H _{T,ie} = ΣA _k ·U _{kc} ·e _k							14,64

Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na jiné teploty					
č.k.	Popis	A _k	U _k	f _{ij}	A _k ·U _{kc} ·f _{ij}
S02	Stěna vnitřní tl. 200 mm	21,7	1,37	0,11	3,27
Celková měrná tepelná ztráta do prostorů s rozdílnou teplotou: H _{T,ij} = ΣA _k ·U _k ·f _{ij}					3,27

Celková měrná tepelná ztráta prostupem: H _{T,i} = H _{T,ie} + H _{T,ij}					17,91
--	--	--	--	--	-------

Místnosti č. 824-828 – kanceláře

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
S01	Stěna vnější zateplená	5,44	0,151	0,05	0,201	1,0	1,09
O01	Okno (2,7x2,1)	5,67	1,1	0	1,1	1,0	6,24
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí: $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$							7,33
Celková měrná tepelná ztráta prostupem: $H_{T,i} = H_{T,ie}$							7,33

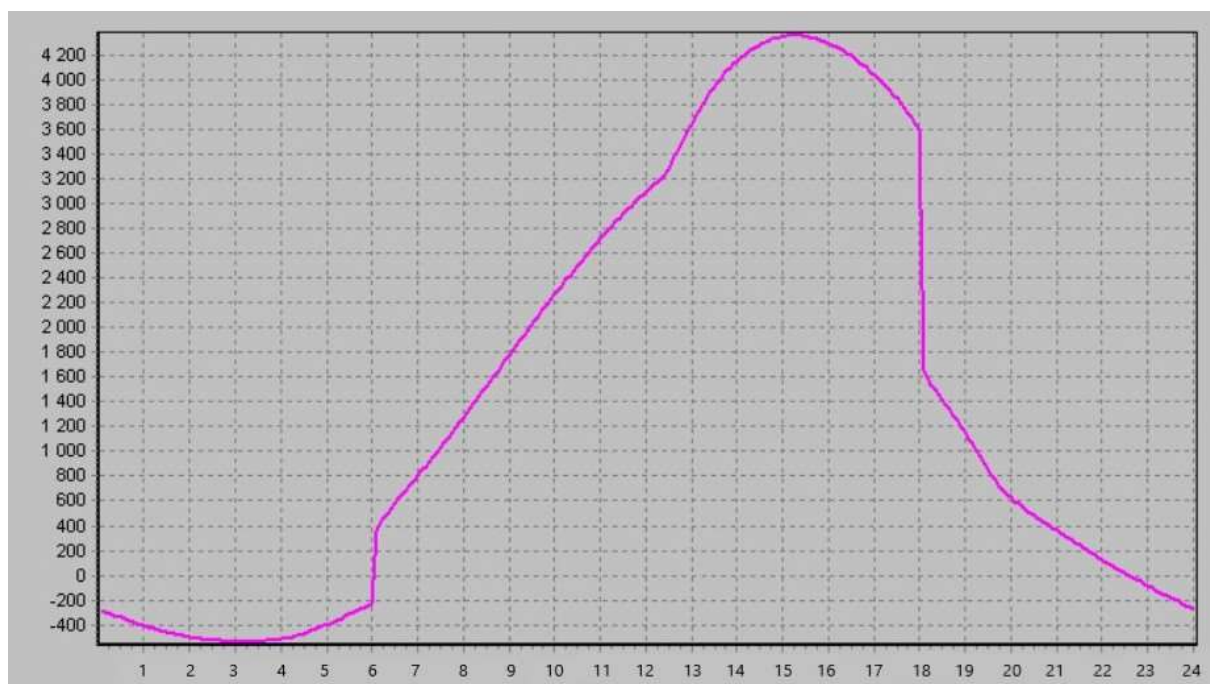
Místnost č. 829 – kancelář

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
č.k.	Popis	A _k	U _k	ΔU	U _{kc}	e _k	A _k ·U _{kc} ·e _k
S01	Stěna vnější zateplená	5,44	0,151	0,05	0,201	1,0	1,09
O01	Okno (2,7x2,1)	5,67	1,1	0	1,1	1,0	6,24
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí: H _{T,ie} = ΣA _k ·U _{kc} ·e _k							7,33

Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na jiné teploty					
č.k.	Popis	A _k	U _k	f _{ij}	A _k ·U _k ·f _{ij}
S02	Stěna vnitřní tl. 200 mm	24,85	1,37	0,11	3,74
Celková měrná tepelná ztráta do prostorů s rozdílnou teplotou: H _{T,ij} = ΣA _k ·U _k ·f _{ij}					3,74

Celková měrná tepelná ztráta prostupem: H _{T,i} = H _{T,ie} + H _{T,ij}					11,08
--	--	--	--	--	-------

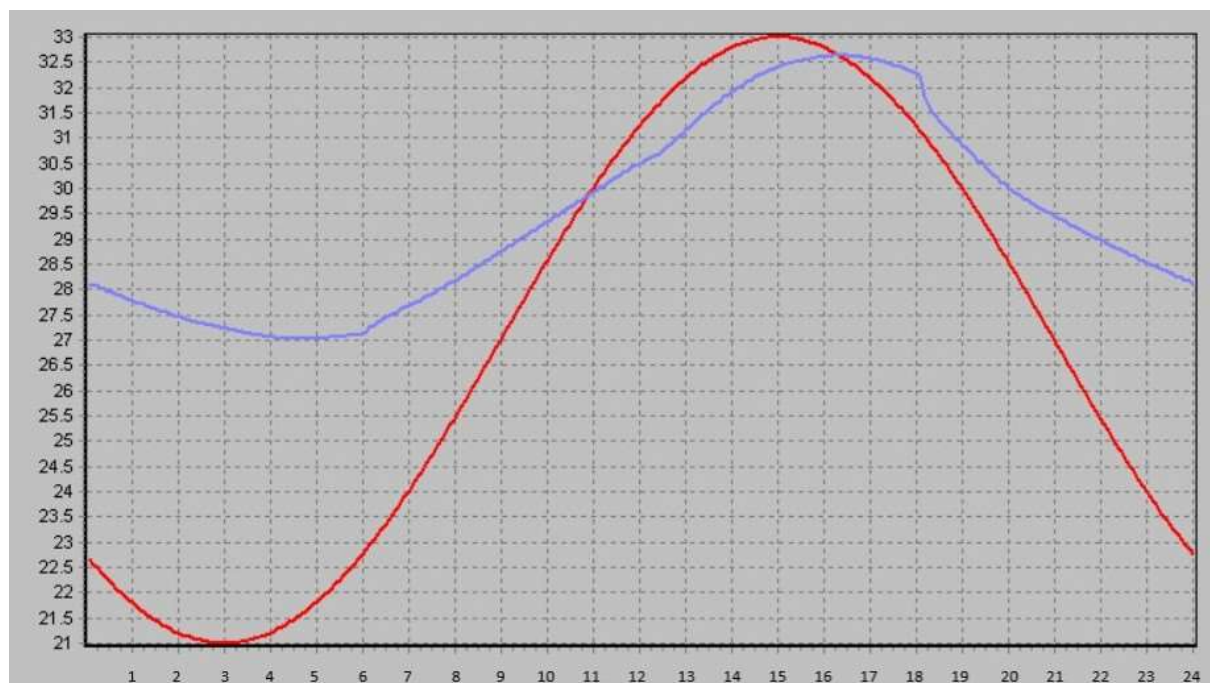
A.3 Tepelná zátěž – grafy



Graf 8: Tepelná zátěž v kancelářích 824-829

osa x – čas [h]

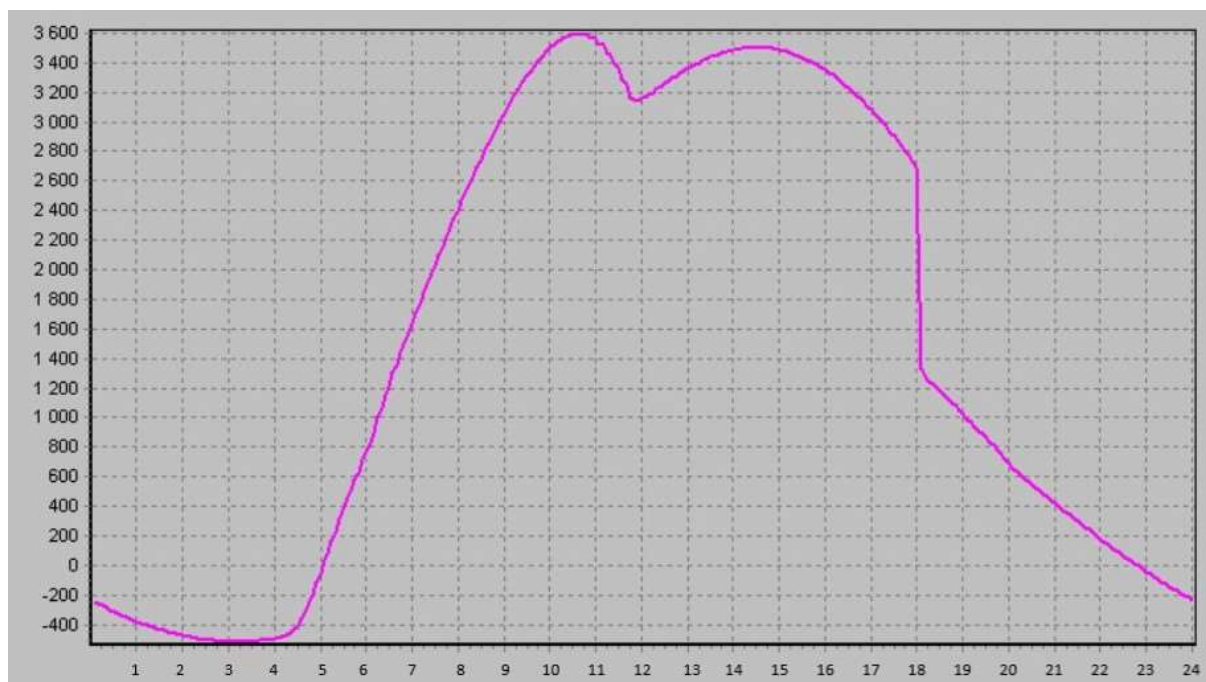
osa y – tepelný zisk [W]



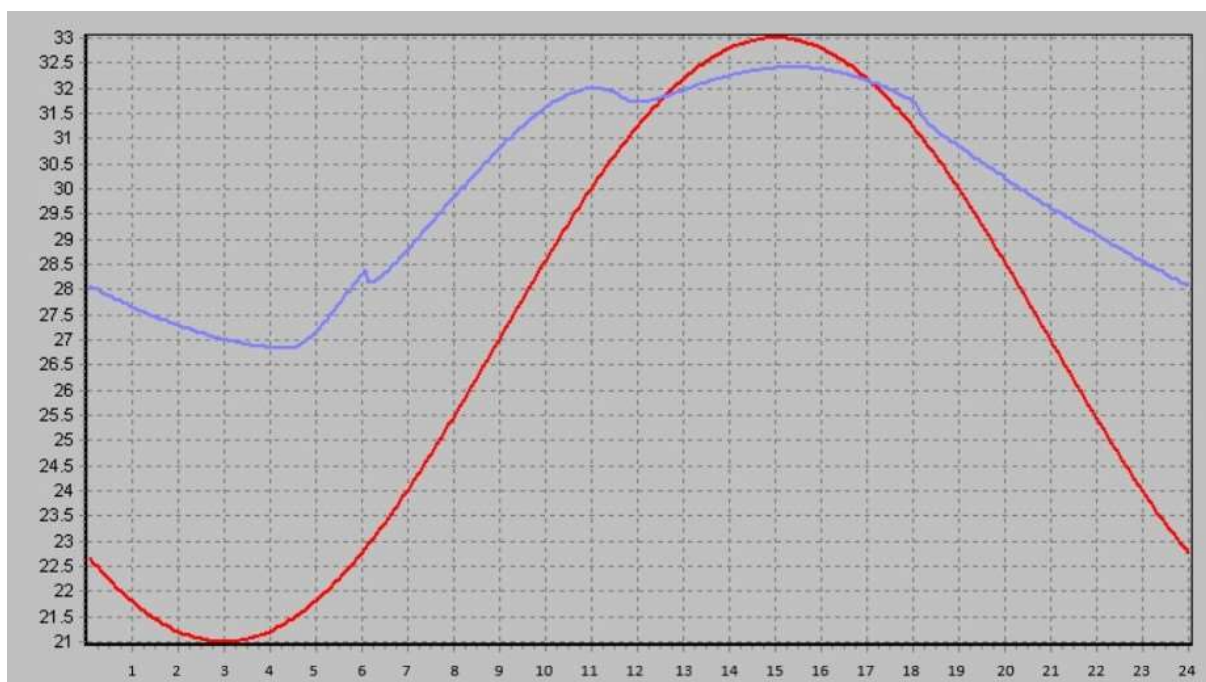
Graf 9: Reálný průběh teplot v kancelářích 824-829

osa x – čas [h]

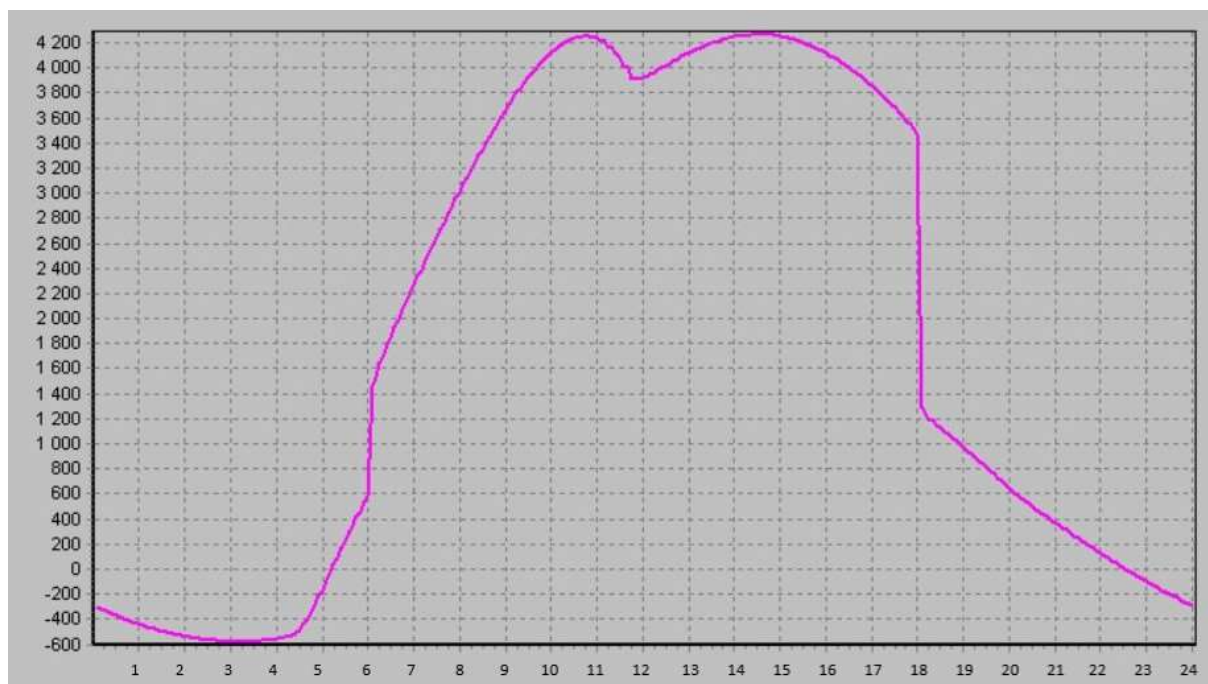
osa y – teplota [°C]



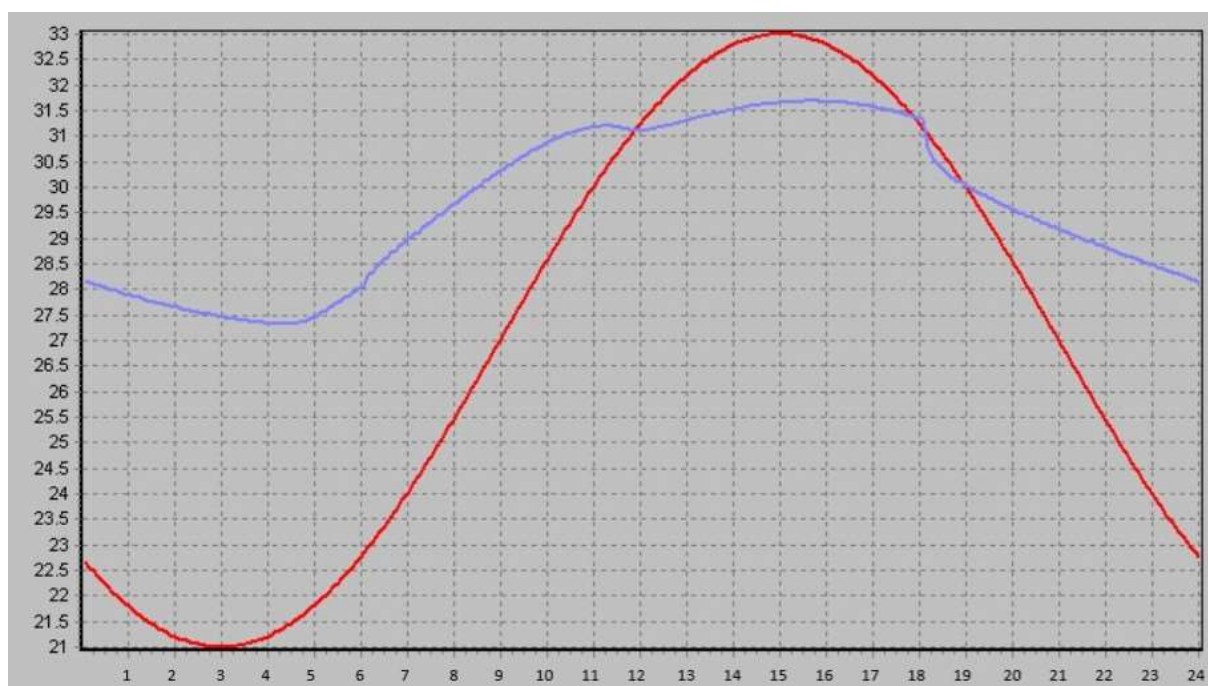
Graf 10: Tepelná zátěž v kanceláři ředitele
 osa x – čas [h]
 osa y – tepelný zisk [W]



Graf 11: Reálný průběh teplot v kanceláři ředitele
 osa x – čas [h]
 osa y – teplota [°C]



Graf 12: Tepelná zátěž v zasedací místnosti
 osa x – čas [h]
 osa y – tepelný zisk [W]



Graf 13: Reálný průběh teplot v zasedací místnosti
 osa x – čas [h]
 osa y – teplota [°C]

B. Výkresová část

B.1 Výkres 1 – Půdorys 8.NP

B.2 Výkres 2 – Pohledy a řezy – zařízení č. 1

B.3 Výkres 3 – Řezy – zařízení č. 2

C. Podklady výrobců

C.1 Zařízení č. 1 – Elektrodesign

C.2 Zařízení č. 2 - REMAK